

3100097008774

SIMULASI SISTEM KONTROL PADA MAIN BLOWER MC1301 DI P.T. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Oleh :

I MADE SUARNATA

2902201496

RSE
621.399
Sua
S-1
1996



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	09-04-96
Terima Duit	H
No. Agenda Pp	6286

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

SIMULASI SISTEM KONTROL PADA MAIN BLOWER MC1301 DI P.T. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
S u r a b a y a**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



(Ir. NAWANTOWIBOWO)

Dosen Pembimbing II



(TRIE ARIEF SARDJONO, ST.)

SURABAYA

MARET 1996



Ku persembahkan buat Ayah, Ibu,
Kakakku serta Kekasihku yang tercinta

ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini dibuat suatu alat untuk mengontrol Main Blower MC1301 dengan menggunakan komputer IBM PC sebagai alat pengontrol. Pengontrolan dilakukan dengan mengukur data-data parameter dari Main Blower setiap saat secara kontinyu. Data-data parameter yang diukur menunjukkan unjuk kerja dari Main Blower itu sendiri. Data-data tersebut, yang berupa getaran motor, getaran blower, suhu, dan tekanan oli, kemudian diolah lewat komputer. Dalam hal ini dipakai metode jaringan saraf tiruan sebagai pengolah, yang dewasa ini sudah semakin banyak dipakai untuk mengontrol proses. Model jaringan saraf tiruan yang dipakai adalah Jaringan Back Propagation.

Jaringan saraf tiruan digunakan untuk mengenali pola parameter-parameter dari Main Blower. Jika pola dari parameter-parameter tersebut menunjukkan kondisi yang tidak optimal, maka diadakan pengaturan secara otomatis dan bila perlu Main Blower ini dimatikan.

KATA PENGANTAR

Atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa, penulis mengucapkan puji syukur yang sedalam-dalamnya, sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir yang diambil berjudul :

SIMULASI SISTEM KONTROL PADA MAIN BLOWER MC1301

DI P.T. PETROKIMIA GRESIK

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas terselesaikannya tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Soetikno, selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
2. Bapak Ir. Nawantowibowo, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Trie Arief Sardjono, ST., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, semangat dan dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Riza Perkasa Putera beserta rekan-rekan di Laboratorium Mekanik dan Elektronik P.T. Petrokimia Gresik, yang telah banyak

memberikan dorongan, bantuan, serta fasilitas dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Bapak DR. Ir. Moch. Salehudin, M. Eng. Sc., selaku Ketua jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
6. Bapak Ir. Pudjiono, selaku Dosen Wali.
7. Bapak Budiono, selaku Karyawan P.T. Petrokimia Gresik yang telah banyak memberikan bantuan.
8. Seluruh Staf Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
9. Seluruh Staf dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
10. Teman-teman di Bidang Studi Elektronika yang telah banyak memberikan bantuan, sumbangan pemikiran serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan agar tugas akhir ini banyak berguna.

Surabaya, Maret 1996

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERMASALAHAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 TUJUAN	3
1.5 METODOLOGI	3
1.6 SISTEMATIKA	4
1.7 RELEVANSI	5
BAB II TEORI PENUNJANG	6
2.1 AKUISISI DATA	6
2.1.1 TRANSDUSER	6

2.1.1.a PROXIMITY PROBE	7
2.1.1.b TERMOKOPEL	12
2.1.1.c SENSOR TEKANAN	16
2.1.2 PENGUAT OPERASIONAL	17
2.1.2.a PEMBANDING (KOMPARATOR)	17
2.1.2.b PENGUAT DIFERENSIAL	19
2.1.2.c DETEKTOR PUNCAK	20
2.1.2.d LOW PASS FILTER	22
2.1.2.e PENGUAT INSTRUMENTASI	23
2.1.3 PENGUBAHAN SINYAL ANALOG KE DIGITAL	25
2.1.3.a MULTIPLEKSER ANALOG	25
2.1.3.b SAMPLE / HOLD	27
2.1.3.c ANALOG TO DIGITAL CONVERTER	28
2.1.3.c.1 SUCCESSIVE APROXIMATION ADC	28
2.1.3.c.2 ADC AD574A	29
2.2 METODE JARINGAN SARAF TIRUAN	34
2.2.1 PEMODELAN SEL SARAF	34
2.2.2 DASAR KONSEP BELAJAR	37
2.2.3 MODEL JARINGAN SARAF TIRUAN	39
2.2.4 PERCEPTRON	41
2.2.5 MULTILAYER PERCEPTRON	43
2.2.5.a KONSEP BACK PROPAGATION	45

2.2.5.b DASAR MATEMATIS	46
2.2.5.c ALGORITHMMA MULTILAYER PERCEPTRON	50
BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	52
3.1 BLOK DIAGRAM	52
3.2 PERENCANAAN PERANGKAT KERAS	55
3.2.1 TRANDUSER	56
3.2.2 RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL	59
3.2.2.a RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL GETARAN	59
3.2.2.b RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL SUHU	66
3.2.2.c RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TEKANAN	69
3.2.3 MODUL PENGUBAH SINYAL ANALOG KE DIGITAL	70
3.3 PERENCANAAN PERANGKAT LUNAK	76
3.3.1 SUB PROGRAM PEMROSESAN DATA	77
3.3.2 SUB PROGRAM BUKA FILE	80
3.3.3 SUB PROGRAM CETAK DATA	81
3.3.4 SUB PROGRAM PELATIHAN JARINGAN SARAF TIRUAN	81
BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	83
4.1 PENGUJIAN ALAT	83
4.2 PENGUKURAN DAN KALIBRASI	86
4.2.1 GETARAN	86
4.2.2 SUHU	88

4.2.3 TEKANAN	89
4.2.4 PENGUJIAN JARINGAN SARAF TIRUAN	90
 BAB V PENUTUP	 92
5.1 KESIMPULAN	92
5.2 SARAN	93
 DAFTAR PUSTAKA	 94

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1 BLOK DIAGRAM TRANSDUSER PROXIMITY PROBE	8
2.2 RESPONS DARI BEBERAPA MATERIAL DENGAN PROBE	
TIPE 300	8
2.3 SISTEM TRANSDUSER PROXIMITY	9
2.4 PEMASANGAN PROXIMITY PROBE SEBAGAI SENSOR	
GETARAN	11
2.5 KURVA KALIBRASI PROBE (<i>PROBE CALIBRATION</i>) UNTUK	
PROBE TIPE 300	12
2.6 PRINSIP KERJA TERMOKOPEL	13
2.7 GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TEMPERATUR DENGAN EMF.	
PADA SUHU PERSAMBUNGAN REFERENSI (<i>REFERENCE</i>	
<i>JUNCTION</i>) 32°F	15
2.8 PRINSIP DASAR SENSOR DIAPHRAGMA	16
2.9 PEMBANDING TAK MEMBALIK	18
2.10 PEMBANDING DENGAN HISTERESIS	18
2.11 PENGUAT DIFERENSIAL	20
2.12 RANGKAIAN DETEKTOR PUNCAK POSITIF	21
2.13 LOW PASS FILTER -40 dB/DECADE	22
2.14 PENGUAT INSTRUMENTASI	23

2.15	SKEMA DARI IC AD521	24
2.16	MULTIPLEKSER ANALOG 8\DELAPAN KANAL	26
2.17	BLOK DIAGRAM PENGUAT SAMPLE/HOLD	27
2.18	BLOK DIAGRAM SUCCESSIVE APROXIMATION ADC	29
2.19	BLOK DIAGRAM ADC AD574A	30
2.20	TIMING DIAGRAM ADC AD574	32
2.21	HUBUNGAN BIPOLAR	33
2.22	MODEL NURON BUATAN	34
2.23	FUNGSI THRESHOLD STEP	35
2.24	FUNGSI THRESHOLD RAMP	36
2.25	FUNGSI THRESHOLD LINIER	36
2.26	FUNGSI THRESHOLD SIGMOID	37
2.27	KLASIFIKASI MODEL JARINGAN SARAF TIRUAN	40
2.28	STRUKTUR JARINGAN SINGLE LAYER PERCEPTRON	41
2.29	STRUKTUR JARINGAN MULTILAYER PERCEPTRON	44
3.1	BLOK DIAGRAM SISTEM	53
3.2	SINYAL OUTPUT DARI PROXIMITY PROBE	59
3.3	BLOK DIAGRAM PENGKONDISI SINYAL GETARAN	60
3.4	PENGUAT DIFERENSIAL PERTAMA	61
3.5	PENGUAT DIFERENSIAL KEDUA	62
3.6	RANGKAIAN DETEKTOR PUNCAK	63
3.7	RANGKAIAN KOMPARATOR	64

3.8	RANGKAIAN MONOSTABLE MULTIVIBRATOR DAN SAKLAR RESET	65
3.9	RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TERMOKOPEL	68
3.10	RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TEKANAN	69
3.11	RANGKAIAN PEMILIH KANAL MASUKKAN	71
3.12	RANGKAIAN PENGUAT SAMPLE/HOLD	72
3.13	RANGKAIAN PAMBANGKIT CLOCK	72
3.14	RANGKAIAN DEKODER ALAMAT	74
3.15	RANGKAIAN ADC AD574	75
3.16	DIAGRAM ALIR PROGRAM UTAMA	77
3.17	DIAGRAM ALUR PROSEDUR PROSES UTAMA	78
3.18	ARSITEKTUR JARINGAN BACKPROPAGATION	79
3.19	DIAGRAM ALUR PROSEDUR BUKA FILE	80
3.20	DIAGRAM ALUR PROSEDUR UNTUK MENCETAK DATA	81
3.21	DIAGRAM ALUR PROSEDUR PELATIHAN JARINGAN SARAF TIRUAN	81
4.1	BENTUK SINYAL DARI MASING-MASING TITIK PENGUKURAN PADA RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL GETARAN	84

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
2.1 TABEL KEBENARAN MULTIPLEKSER ANALOG 4051	26
3.1 TABEL KEBENARAN DARI DEKODER ALAMAT PORT ADC	74
4.1 HASIL PENGUKURAN GETARAN	87
4.2 HASIL PENGUKURAN SUHU	89
4.3 HASIL PENGUKURAN RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TEKANAN	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam era globalisasi ini kehidupan manusia sudah semakin dimanjakan dengan adanya kemajuan teknologi. Hampir semua pekerjaan yang tadinya dilakukan dengan menggunakan tenaga sendiri, sekarang sudah bisa digantikan oleh mesin-mesin ataupun robot. Hal ini menyangkut disemua bidang kehidupan manusia, baik di pabrik-pabrik, rumah tangga, pertanian dan masih banyak lagi yang lainnya. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan maka cara kerja dari mesin-mesin ini harus diawasi dan dikontrol setiap saat khususnya pada industri-industri besar yang menggunakan mesin-mesin yang besar. Apalagi jika mesin-mesin ini bekerja secara rutin selama 24 jam sehari, yang berarti bahwa mesin ini bekerja secara terus-menerus tanpa berhenti. Dari pertimbangan ini maka diperlukan suatu sistem yang handal yang bisa bekerja secara otomatis.

Main Blower MC1301 mempunyai fungsi yang sangat vital dalam proses produksi di P.T. PETROKIMIA GRESIK. Main Blower ini bekerja secara rutin setiap hari selama 24 jam. Main Blower ini harus dijaga unjuk kerjanya pada suatu kondisi yang optimal, karena apabila Main Blower MC1301 tidak bekerja secara baik maka akan menyebabkan proses produksi tidak berjalan lancar atau bahkan

berhenti sama sekali. Dari segi ekonomi tentu saja hal ini akan banyak merugikan perusahaan karena proses produksi menjadi terhambat.

Unjuk kerja dari Main Blower MC1031 ditunjukkan oleh beberapa parameter yaitu : tekanan minyak pelumas (*oil pressure*), suhu (*temperature*), serta getaran (*vibration*). Parameter-parameter ini harus diukur secara rutin dalam jangka waktu tertentu, sehingga bisa diketahui bila terjadi suatu gangguan pada Main Blower ini.

1.2 PERMASALAHAN

Untuk mengukur parameter-parameter dari Main Blower MC1301, selama ini dilakukan dengan manual yaitu dengan cara membaca penunjukan pada panel secara langsung dan dilakukan secara rutin setiap jangka waktu tertentu, sehingga dibutuhkan seorang personel khusus yang harus memantau alat ini secara rutin dilapangan.

Selama selang waktu pengukuran dimungkinkan terjadinya suatu gangguan yang tidak terdeteksi oleh petugas sehingga akan menyebabkan Main Blower ini tidak bekerja secara optimal. Secara jangka panjang akan menyebabkan berkurangnya masa pakai dari Main Blower tersebut.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam tugas akhir ini perencanaan dan pembuatan alat dibatasi pada pengukuran parameter-parameter dari Main Blower MC1301 yaitu : Tekanan

minyak pelumas (*oil pressure*), suhu (*temperature*), dan getaran (*vibration*). Data parameter-parameter ini akan diolah dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan (*neural network*). Dengan metode jaringan saraf tiruan (*neural network*) penulis mengharapkan agar unjuk kerja sistem akan lebih baik. Penggunaan metode jaringan saraf tiruan dibatasi pada pengenalan pola data parameter-parameter tersebut untuk pengontrolan Main Blower.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan dan membuat alat yang bisa mengontrol Main Blower MC1301 terus-menerus selama 24 jam dan jika terjadi gangguan maka alat ini akan memberikan umpan balik berupa alarm dan lampu. Jika terjadi kondisi yang sangat kritis maka alat ini akan mematikan Main Blower ini secara otomatis dengan maksud untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah.

Selain tujuan diatas, tujuan yang lain adalah untuk mempelajari proses akuisisi data, dan mempelajari penggunaan metode jaringan saraf tiruan pada sistem akuisisi data.

1.5 METODOLOGI

Penyelesaian dari tugas akhir ini dilakukan dengan metode/langkah-langkah sebagai berikut :

- Penelitian di lapangan guna mencari data-data tentang Main Blower MC1301 dan cara kerjanya di P.T Petrokimia Gresik
- Studi literatur mengenai sistem akuisisi data, penggunaan metode jaringan saraf tiruan pada sistem akuisisi data, pengukuran getaran (*vibration*), suhu (*temperature*), dan Tekanan (*oil pressure*), *Analog to Digital Converter AD574A*, pemrograman komputer serta rangkaian elektronika.
- Perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak dari peralatan.
- Pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
- Pengujian dan pengkalibrasian peralatan yang telah dibuat serta melakukan pengukuran data dari parameter-parameter Main Blower.
- Penulisan buku Tugas Akhir.

1.6 SISTEMATIKA

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai peralatan yang dibuat dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

- Bab I merupakan pendahuluan yang membahas latar belakang, tujuan, permasalahan dan pembatasan permasalahan, serta metodologi dan sistematika penulisan tugas akhir.
- Bab II berisikan penjelasan mengenai dasar teori dari transduser, *analog to digital converter*, sistem elektronika, serta metode jaringan saraf tiruan.

- Bab III berisikan perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak yang menyangkut blok diagram dan cara kerja, diagram alur, serta prosedur-prosedur yang digunakan dalam perangkat lunak.
- Bab IV berisikan pengukuran dan kalibrasi dari sensor yang digunakan dan keterbatasan yang terdapat pada sensor yang digunakan.
- Bab V merupakan penutup yang terdiri dari kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan dan penerapan dari Tugas Akhir ini.

1.7 RELEVANSI

Dengan selesainya alat ini diharapkan dapat dikembangkan dan disempurnakan sesuai dengan kebutuhan untuk dapat diterapkan pada industri-industri yang mempunyai permasalahan yang sama.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori dasar yang menunjang didalam perencanaan dan pembuatan peralatan serta metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan. Sehingga lebih mudah untuk memahami dan mengetahui peralatan yang dibuat. Pembahasan dimulai dengan sistem dan elemen-elemen akuisisi data kemudian dilanjutkan dengan metode Jaringan Saraf Tiruan

2.1 AKUISISI DATA

Elemen-elemen penunjang akuisisi data adalah saling berhubungan satu dengan yang lain, termasuk didalamnya adalah transduser, penguat, multiplekser, sample/hold dan *Analog to Digital Converter* (ADC). Untuk selanjutnya akan dibahas satu persatu.

2.1.1 TRANSDUSER

Transduser merupakan bagian yang menerima suatu besaran tertentu dan mengubahnya ke besaran elektris. Spesifikasi yang penting dari transduser adalah kelinieran, kecepatan, ketelitian dan kehandalan terhadap perubahan parameter

yang dideteksi. Dalam tugas akhir ini digunakan tranduser berupa termokopel (*standard thermoelectromotive force*), *proximity probe*, dan sensor diapragma, yang berupa *Diffused Silicon Transmitter (DSTJ 8000) Electronic Differential Pressure Transmitter*.

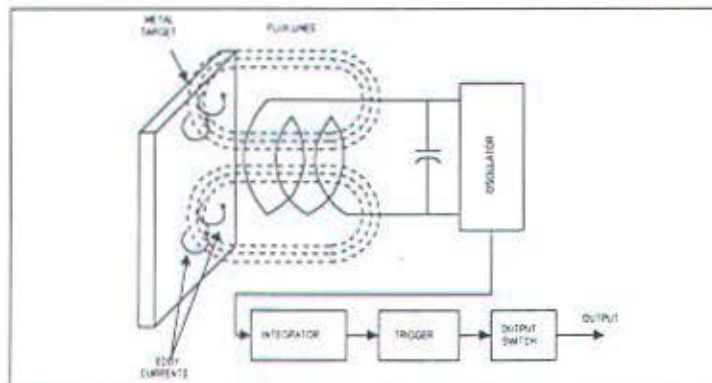
2.1.1.a PROXIMITY PROBE

Tranduser *proximity probe* berfungsi untuk mengubah besaran jarak (*gap*) antara probe dengan obyek yang diukur menjadi besaran/sinyal listrik. Besaran listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan perubahan jarak (*gap*) yang diukur. Keuntungan dari tranduser ini adalah tidak terjadi gesekan atau kontak fisik antara obyek yang diukur dengan trandusernya karena tranduser yang dipakai dipasang pada jarak tertentu terhadap obyeknya. *Proximity probe* ini biasanya digunakan untuk mengukur getaran poros (*shaft vibration*) dan posisi relatif suatu obyek.

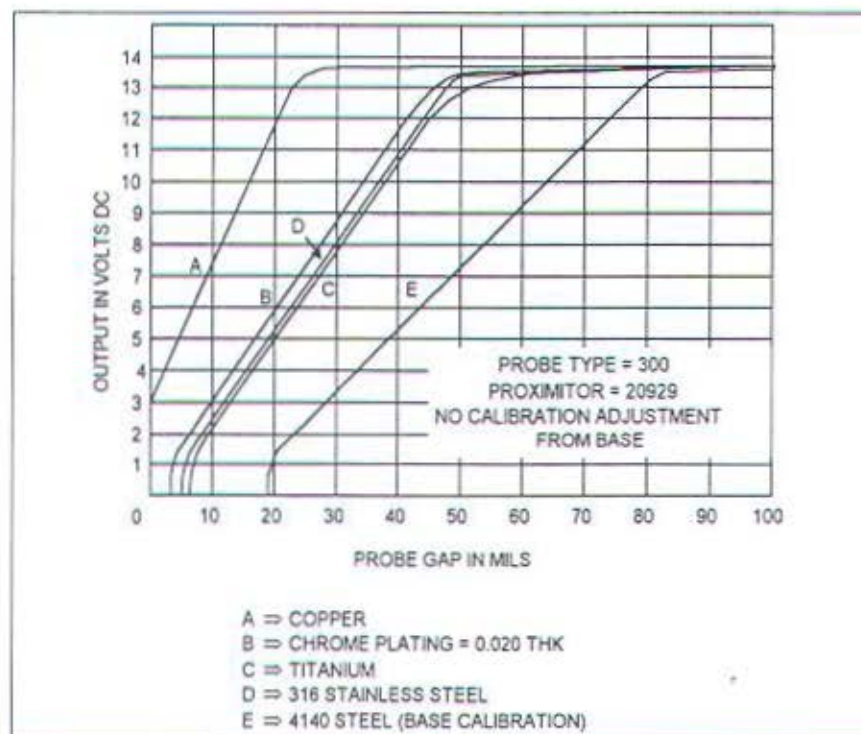
PRINSIP KERJA DARI PROXIMITY PROBE

Komponen utama dari tranduser ini adalah kumparan dan osilator seperti terlihat pada gambar 2.1. Osilator menghasilkan sinyal AC yang mengumpani kumparan, sehingga kumparan menghasilkan medan elektromagnetik, dimana ketika obyek yang dideteksi menangkap medan itu, maka akan terjadi induksi arus Eddy pada obyek tersebut, dengan catatan bahwa obyek harus dibuat dari bahan logam yang feromagnetik. Karena sifat feromagnetik tiap logam tidak sama maka respon dari tiap logam ini juga tidak sama. Respon dari beberapa material yang

berbeda ditunjukkan pada gambar 2.2 dengan probe tipe 300 dan proximitor tipe 20929.



Gambar 2.1¹
Blok diagram transducer *proximity probe*



Gambar 2.2²
Respon dari beberapa material dengan probe tipe 300

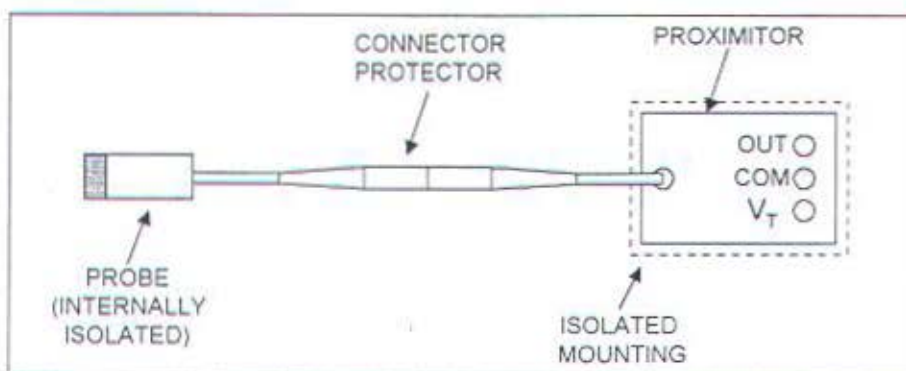
¹ Charles A. Schuler and William L. McNamee, *INDUSTRIAL ELECTRONICS AND ROBOTICS* (McGraw-Hill, 1986), p. 221.

² -----, *3000 SERIES PROXIMITY TRANSDUCER SYSTEM MANUAL* (Bently Nevada, 1982), p. C-1.

Akibat dari arus Eddy yang merupakan hasil induksi inilah yang menyebabkan rugi rangkaian, sehingga akan menurunkan amplitudo dari sinyal AC yang dihasilkan oleh osilator, yang besarnya proporsional dengan jarak (*gap*) antara obyek dengan ujung tranduser itu. Adanya perubahan jarak antara obyek dengan ujung tranduser menyebabkan terjadinya perubahan amplitudo pada sinyal AC yang dihasilkan. Bila obyek yang diukur adalah poros rotor yang bergerak dan terjadi getaran pada poros tersebut, akan menghasilkan tegangan output yang berubah secara kontinyu dengan frekuensi yang sama dengan kecepatan putaran rotor. Dengan mencatat perubahan tegangan ini maka bisa diketahui besarnya getaran yang terjadi pada poros tersebut, dengan cara mengkonversikan tegangan ini ke dalam besaran jarak dengan rumus :

$$Vibrasi = \frac{V_{p-p}}{Sensitifitas} (\mu m)$$

Sensitifitas menyatakan besarnya perubahan tegangan tiap satuan jarak, misalnya adalah untuk proximitor seri 3000 (model 20929) dengan tipe probe 300, besar sensitifitasnya adalah 200 mV/mil (8 V/mm).



Gambar 2.3
Sistem tranduser proximity

Ini berarti bahwa setiap perubahan jarak sebesar 1 mm, akan menyebabkan perubahan tegangan output sebesar 8 Volt. Besarnya Sensitifitas tergantung pada jenis/tipe dari probe.

Suatu Sistem Transduser Proximity terdiri dari sebuah probe termasuk kabel, kabel tambahan (*extension cable*) bila diperlukan, dan proximitior. Secara sederhana bisa digambarkan suatu sistem transduser proximity dalam gambar 2.3.

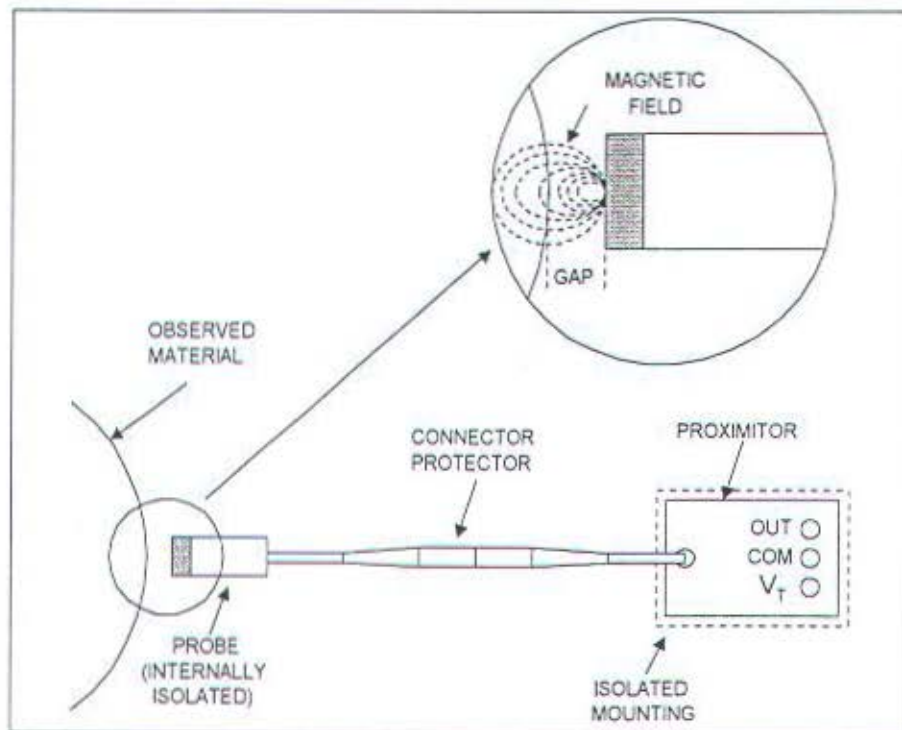
PROXIMITY PROBE SEBAGAI SENSOR GETARAN ROTOR

Pemasangan proximity probe untuk mengukur getaran poros rotor adalah dengan memasang probe pada posisi yang relatif tetap dan diam terhadap poros rotor itu sendiri sehingga apabila rotor mengalami getaran, getaran itu dapat dideteksi oleh probe dengan mengukur perubahan jarak antara poros rotor dengan probe. Seperti pada gambar 2.4.

Apabila jarak mula-mula antara rotor diam dengan probe adalah x , serta apabila rotor berputar dan menghasilkan getaran dengan puncak sebesar $\pm y$, maka fluktuasi perubahan jaraknya (*gap*) terjadi dalam jangkauan $(x \pm y)$ satuan jarak. Perubahan gap ini menyebabkan perubahan rugi arus Eddy yang sebanding, sehingga output osilator juga berubah dengan fluktuasi yang sama.

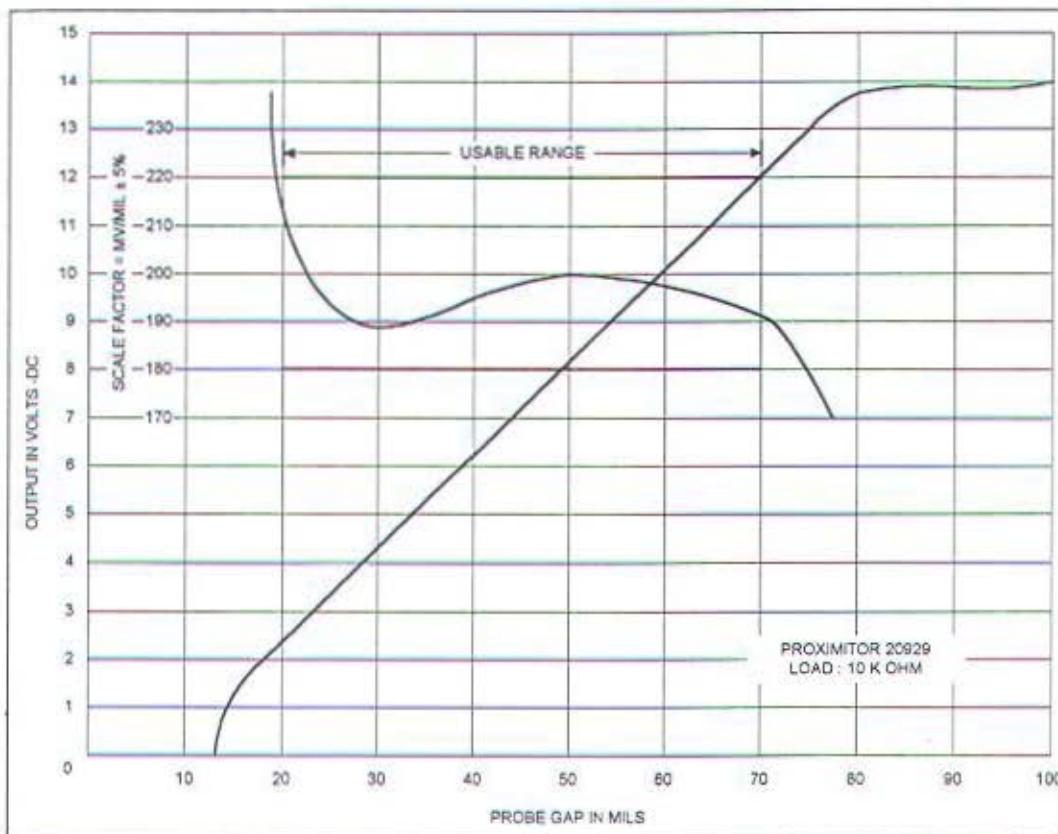
Jadi karena adanya getaran itu menyebabkan bentuk gelombang osilator menyerupai bentuk gelombang termodulasi amplitudo, dimana frekuensi carrier-nya merupakan frekuensi dari sinyal osilator itu sendiri, sedang bila sinyal ini didemodulasi amplitudo, maka akan didapat sinyal envelopenya yang mirip sinyal

pemodulasi yang juga berbentuk sinusoida dengan frekuensi sama dengan frekuensi putaran rotor.



Gambar 2.4
Pemasangan proximity probe sebagai sensor getaran

Satu hal yang sangat penting diperhatikan pada saat pemasangan probe adalah jarak mula-mula (x) harus dibuat sedemikian hingga terletak pada daerah tengah dari kurva linier (*usable range*), seperti terlihat pada grafik pada gambar 2.5. Untuk tipe probe yang berbeda mempunyai daerah kurva linier yang berbeda demikian juga untuk material obyek (*observed material*) yang berbeda akan mempunyai kurva linier yang khas. Gambar 2.5 memperlihatkan kurva linier (*usable range*) untuk probe tipe 300 dan material obyek 4140 STEEL (*base calibration*).



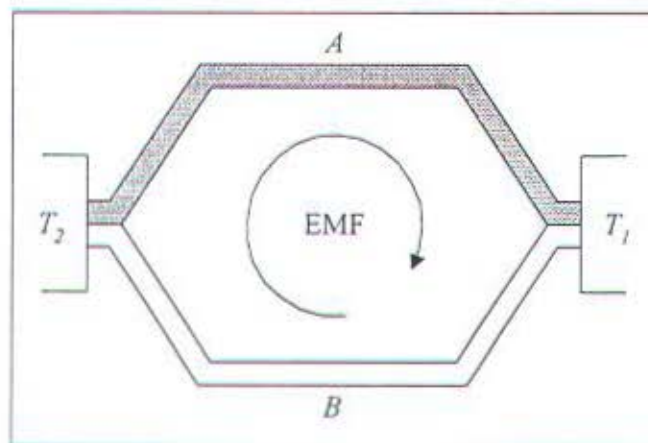
Gambar 2.5³
Kurva Kalibrasi Probe (*Probe Calibration*) untuk probe tipe 300

2.1.1.b TERMOKOPEL

Metode listrik yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu adalah dengan menggunakan termokopel. Prinsip dasar dari termokopel adalah bila dua macam logam yang berbeda digabung (disatukan) dan diantara kedua ujung-ujungnya diberi temperatur yang berbeda (seperti pada gambar 2.6) maka akan terjadi tegangan gerak listrik (*electromotive force*, emf) diantara kedua logam yang terutama merupakan fungsi dari suhu persambungan (*junction temperatur*). Fenomena ini disebut efek Seebeck (*Seebeck effect*). Jika kedua bahan itu

³ Ibid p. C-4

dihubungkan dengan rangkaian luar sedemikian rupa sehingga arus mengalir, emf dapat berubah sedikit karena fenomena efek Peltier. Selanjutnya jika terdapat gradien suhu pada salah satu atau kedua bahan, emf sambungan akan berubah sedikit lagi oleh efek Thomson. Jadi ada tiga macam emf yang bekerja pada rangkaian termoelektrik, yaitu emf Seebeck yang disebabkan oleh bahan logam yang tidak sama, efek Peltier oleh arus dalam rangkaian luar dan emf Thomson oleh gradien suhu. Dari ketiga emf ini, emf Seebeck yang paling perlu mendapat perhatian karena bergantung pada suhu sambungan.



Gambar 2.6⁴
Prinsip kerja termokopel

Jika emf yang dibangkitkan pada persambungan dua logam yang tidak sama diukur sebagai fungsi suhu, maka sambungan itu dapat digunakan untuk mengukur suhu. Kita lihat bahwa setiap rangkaian termokopel harus mempunyai sedikitnya dua persambungan. Jika suhu satu sambungannya diketahui maka suhu sambungan

⁴ Curtis Johnson, PROCESS CONTROL INSTRUMENTATION TECHNOLOGY (New Jersey : Prentice-Hall International, Inc, 1993), p. 156

lainnya dapat dihitung dengan mudah dengan menggunakan sifat termoelektrik bahan-bahan. Suhu yang diketahui disebut dengan suhu rujukan (*reference temperature*) yang diterapkan pada sambungan referensi (*reference junction*).

TABEL REFERENSI TERMOKOPEL

Tabel referensi termokopel memperlihatkan hubungan antara tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing tipe termokopel dengan temperatur yang diukur, dimana sambungan referensi (*reference junction*) pada temperatur referensi (*reference temperature*) dan sambungan pengukuran (*measurement temperature*) pada suhu yang akan diukur.

Dengan melihat tabel referensi, misalnya untuk termokopel tipe J pada suhu 210°C dengan temperatur referensi 0°C, dapat diketahui tegangan keluaran termokopel adalah

$$V(210^{\circ}\text{C}) = 11,34 \text{ mV} \quad (\text{Tipe J, referensi } 0^{\circ}\text{C})$$

Demikian sebaliknya, jika tegangan yang terukur adalah 4,768 mV maka untuk termokopel tipe S dengan temperatur referensi 0°C, dapat dilihat pada tabel

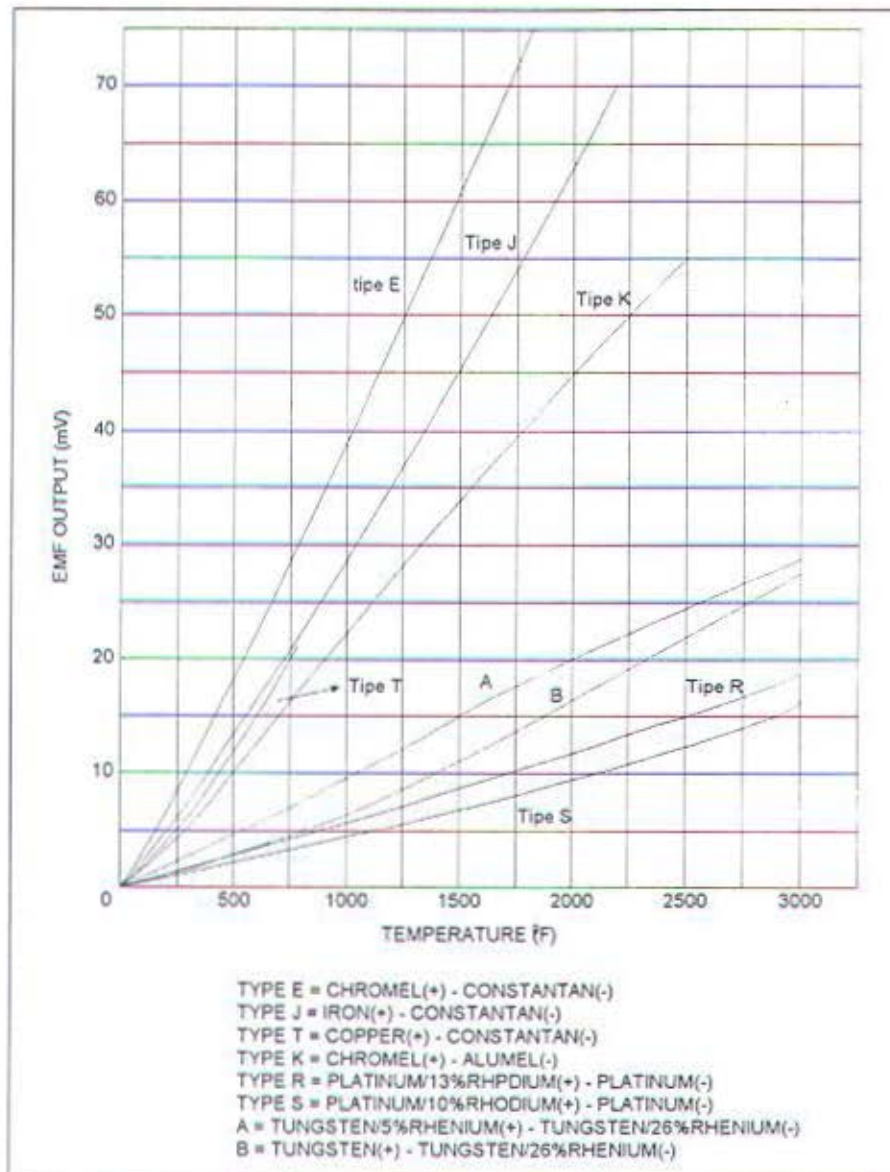
$$T(4,768 \text{ mV}) = 555^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tipe S, referensi } 0^{\circ}\text{C})$$

Pada banyak kasus, tegangan yang diukur besarnya tidak tepat seperti yang tertera pada tabel dan berada diantara dua nilai tegangan. Jika hal ini terjadi maka diperlukan interpolasi. Besarnya temperatur dapat diketahui dengan menggunakan persamaan interpolasi berikut :

$$T_M = T_L + \left(\frac{T_H - T_L}{V_H - V_L} \right) (V_M - V_L) \quad ^5$$

⁵ Ibid p.160

Tegangan yang terukur berada diantara tegangan tertinggi V_H dan tegangan terendah V_L , yang tertera pada tabel. T_H dan T_L adalah temperatur yang sesuai dengan V_H dan V_L .



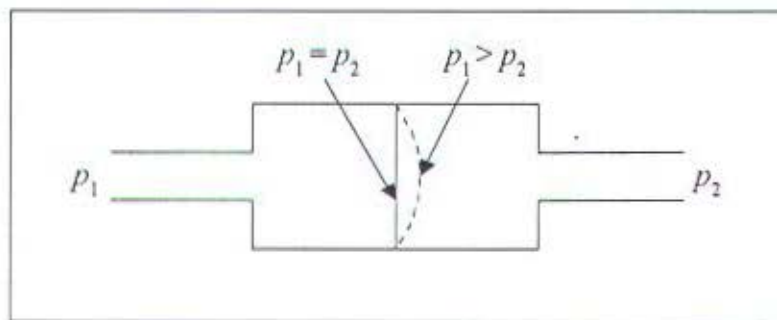
Gambar 2.7⁶

Grafik hubungan antara temperatur dengan emf.
 Suhu persambungan referensi (reference junction) 32°F

⁶ Robert P. Benedict, FUNDAMENTALS OF TEMPERATURE, PRESSURE, AND FLOW MEASUREMENTS (Canada : Jhon Wiley & Son, Inc, 1984), p.105.

2.1.1.c SENSOR TEKANAN (*PRESSURE*)

Sensor tekanan ada beberapa jenis dan tipe. Diantaranya adalah Diaphragma (*diaphragm*), Bourdon Tube, Pirani Gauge dan sebagainya. Secara umum kebanyakan sensor tekanan yang digunakan dalam kontrol proses memerlukan pengubahan informasi tekanan menjadi perpindahan fisik (*physical displacement*), dan mengubah perpindahan fisik tersebut menjadi sinyal listrik yang proporsional. Diantara berbagai jenis sensor tersebut yang paling umum digunakan adalah sensor diaphragma.



Gambar 2.8⁷
Prinsip dasar sensor diaphragma

Pada sensor jenis ini elemen yang digunakan untuk mengubah informasi tekanan menjadi perpindahan fisik (*physical displacement*) adalah diaphragma, seperti terlihat pada gambar 2.8. Jika terdapat tekanan p_1 pada salah satu sisi dari diaphragma dan p_2 pada sisi yang lainnya, maka gaya yang ditimbulkan adalah :

$$F = (p_2 - p_1)A^8$$

dimana : A = luas diaphragma (m^2)

⁷ Curtis Jhonson, op. cit., p.216.

⁸ Ibid.

$$p_1, p_2 = \text{tekanan (N/m}^2\text{)}$$

Dengan adanya perbedaan tekanan, sehingga timbul gaya F yang membuat perubahan posisi dari diaphragma. Perubahan posisi diaphragma inilah yang akan diubah menjadi besaran listrik yang proporsional dengan perubahan perbedaan tekanan antara p_1 dan p_2 .

2.1.2 PENGUAT OPERASIONAL

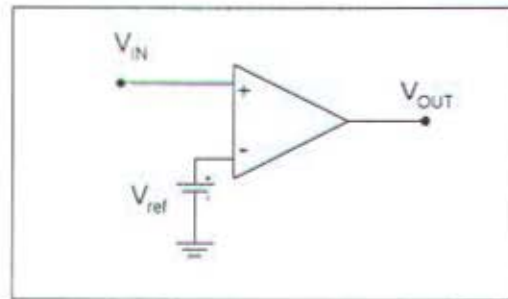
Keluaran transduser yang sangat kecil perlu dikuatkan lagi sampai mencapai jangkauan tegangan input ADC skala penuh dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal. Penguat Operasional (op-amp) merupakan komponen utama dari rangkaian pengkondisi sinyal. Penerapan op-amp dalam rangkaian pengkondisi sinyal adalah sebagai penguat *inverting*, penguat *non-inverting*, pengikut tegangan, penguat diferensial, detektor puncak (*peak detector*), filter aktif dan penguat instrumentasi.

2.1.2.a PEMBANDING (KOMPARATOR)

Sebuah pembanding akan membandingkan sinyal input dengan tegangan referensi. Sinyal input diterapkan pada salah satu masukan dari op-amp sedangkan tegangan referensi diterapkan pada masukan lainnya. Sebuah pembanding digambarkan pada gambar 2.9.

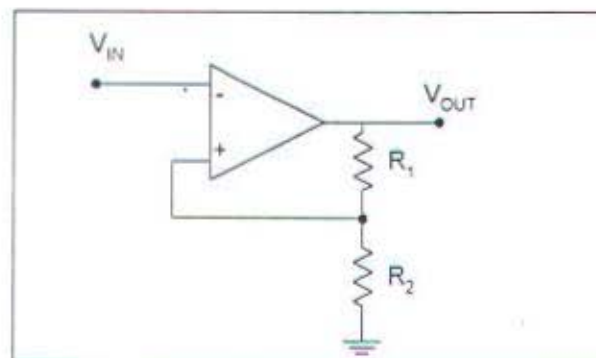
Jika sinyal masukan (V_{in}) lebih besar dari tegangan referensi, maka tegangan keluaran (V_{out}) menjadi positif saturasi ($+V_{SAT}$), sedang jika sinyal

masukannya lebih kecil dari tegangan referensi, tegangan keluaran menjadi negatif saturasi ($-V_{SAT}$).



Gambar 2.9
Pembanding tak membalik

Pembanding seperti pada gambar 2.9 mempunyai kelemahan yaitu untuk sinyal masukan yang berada sedikit lebih besar atau lebih kecil dari tegangan referensi akan menghasilkan tegangan keluaran yang berosilasi antara $+V_{SAT}$ dan $-V_{SAT}$. Hal ini sangat berpengaruh pada sinyal masukan yang tercampur dengan noise. Untuk mengatasi hal ini adalah dengan menambahkan histerisis pada pembanding yaitu dengan menambahkan umpan balik positif seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10
Pembanding dengan histerisis

Tegangan histerisis merupakan selisih antara V_{UT} dan V_{LT} dimana :

$$V_{UT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(+V_{SAT}) \quad \text{dan}$$

$$V_{LT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(-V_{SAT})$$

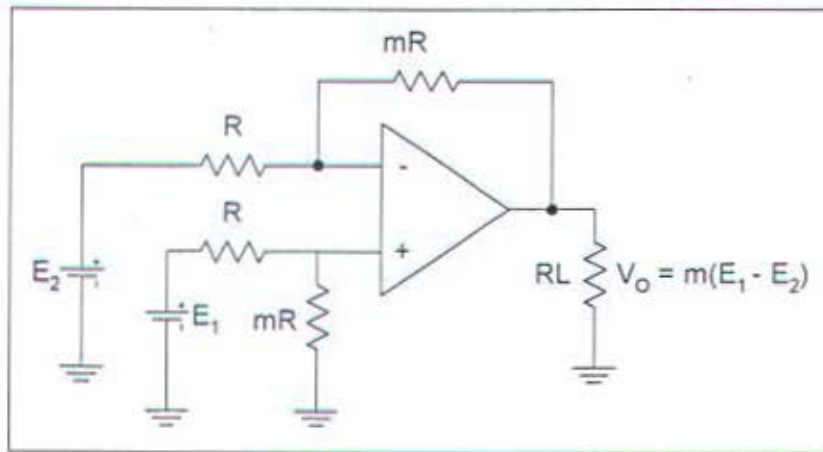
2.1.2.b PENGUAT DIFERENSIAL

Penguat diferensial dipergunakan untuk penguatan sinyal-sinyal kecil yang mungkin terbenam dalam sinyal yang lebih besar. Rangkaian ini juga dapat dipergunakan sebagai rangkaian penjumlah tegangan dengan penguatan tertentu tergantung pada resistor-resistornya. Untuk lebih jelasnya dapat dijelaskan seperti pada gambar 2.11.

Bila $E_1 = 0$, maka rangkaian berfungsi sebagai penguat pembalik, dimana input E_2 akan dikuatkan sebesar $-m$ sehingga output V_o menjadi $-mE_2$. Sedangkan bila $E_2 = 0$, maka rangkaian berfungsi sebagai rangkaian tak membalik, dimana input E_1 akan terbagi diantara R dan mR sehingga tegangan input terminal (+) menjadi $mE_1/(1+m)$ dan dikuatkan sebesar $(m+1)$ sehingga output (V_o) menjadi mE_1 . Bila kedua sinyal input E_1 dan E_2 merupakan masukan pada terminal (+) dan (-) dari op-amp, maka besarnya tegangan output adalah :

$$V_o = mE_1 - mE_2 = m(E_1 - E_2)$$

m disebut dengan gain diferensial yang merupakan perbandingan resistornya. Persamaan diatas menunjukkan bahwa tegangan output sebanding dengan perbedaan tegangan pada kedua terminal masukannya. Dan Jika E_2 dibuat negatif maka rangkaian diatas berlaku sebagai penguat penjumlah.



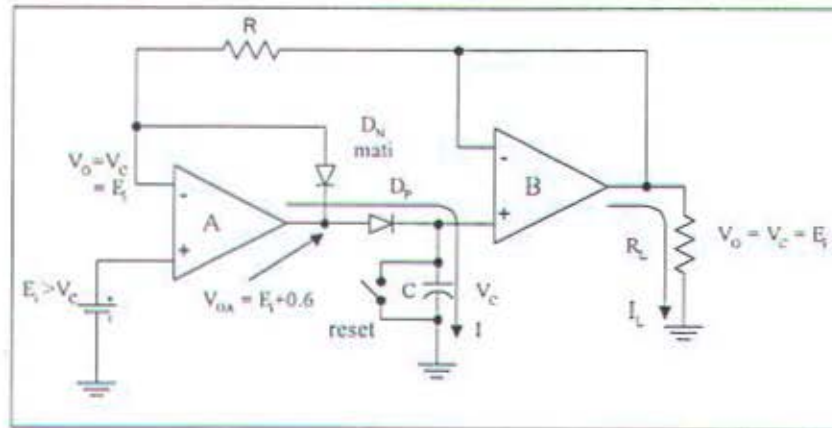
Gambar 2.11
Penguat diferensial

2.1.2.c DETEKTOR PUNCAK (*PEAK DETECTOR*)

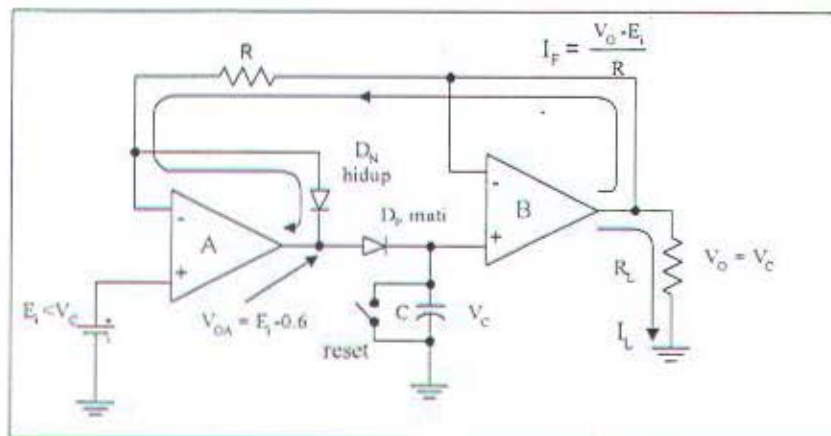
Detektor puncak berfungsi untuk mengikuti puncak-puncak dari suatu sinyal masukan dan menyimpan harga tertingginya didalam kapasitor. Jika datang lagi sinyal puncak yang lebih tinggi, harga ini akan disimpan. Tegangan puncak yang paling tinggi disimpan sampai kapasitornya dikosongkan oleh sebuah saklar mekanik atau elektronik.

DETEKTOR PUNCAK POSITIF

Gambar 2.12 memperlihatkan rangkaian detektor puncak positif. Op-amp A adalah penyearah gelombang penuh presisi yang hanya akan mengisi kapasitor C bila tegangan masukan E_i melebihi tegangan kapasitor V_C . Op-amp B adalah pengikut tegangan yang keluarannya sama dengan V_C . Impedansi masukan yang tinggi dari pengikut tegangan ini membatasi drop tegangan pada kapasitor C.



(a) Bila $E_i > V_c$, C diisi menuju E_i melalui D_p



(b) Bila $E_i < V_c$, C mempertahankan tegangannya pada harga E_i tertinggi sebelumnya

Gambar 2.12⁹
Rangkaian detektor puncak positif

Cara kerja dari rangkaian bisa dijelaskan sebagai berikut, pada gambar 2.12(a), bila E_i melebihi V_c , dioda D_p terbias maju mengisi kapasitor C. Bila E_i turun dibawah V_c , dioda D_M hidup seperti terlihat pada gambar 2.12(b). Dioda D_p mati sehingga C tidak terhubung ke keluaran op-amp A.

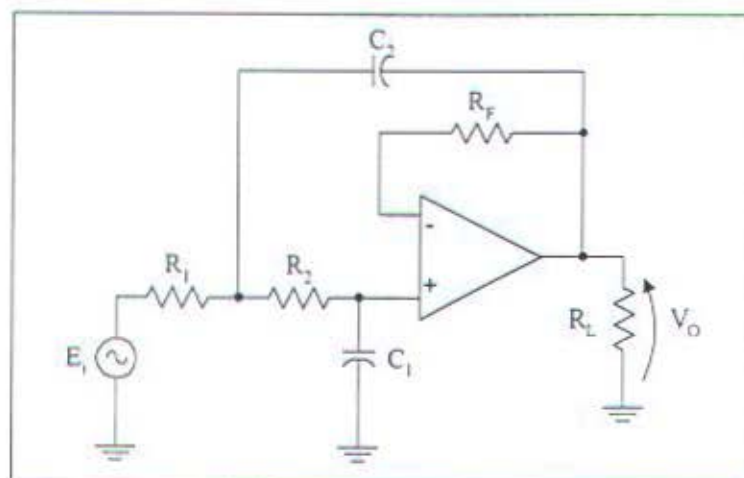
⁹ Robert F. Coughlin, penterj. Herman Widodo Soemitro, PENGUAT OPERATIONAL DAN RANGKAIAN TERPADU LINIER (Jakarta : Erlangga, 1985), p.149.

DETEKTOR PUNCAK NEGATIF

Rangkaian dari detektor puncak negatif tidak jauh berbeda dari detektor puncak positif yaitu dengan membalik arah dari kedua diode D_M dan D_P . Cara kerja dari rangkaian ini adalah sama dengan detektor puncak positif. Bedanya adalah tegangan yang disimpan pada kapasitor C adalah tegangan puncak negatif.

2.1.2.d LOW PASS FILTER

Low Pass Filter merupakan rangkaian yang menahan (meredam) sinyal masukan yang mempunyai frekuensi diatas frekuensi cutoff. Gambar 2.13 menunjukkan rangkaian low pass filter -40 dB/dekade jenis *Butterworth*. Filter ini menghasilkan *slope*/landaian sebesar -40 dB/dekade yang berarti bahwa untuk setiap kenaikan frekuensi sebesar 10 kali, menyebabkan penurunan penguatan sebesar 40 dB.



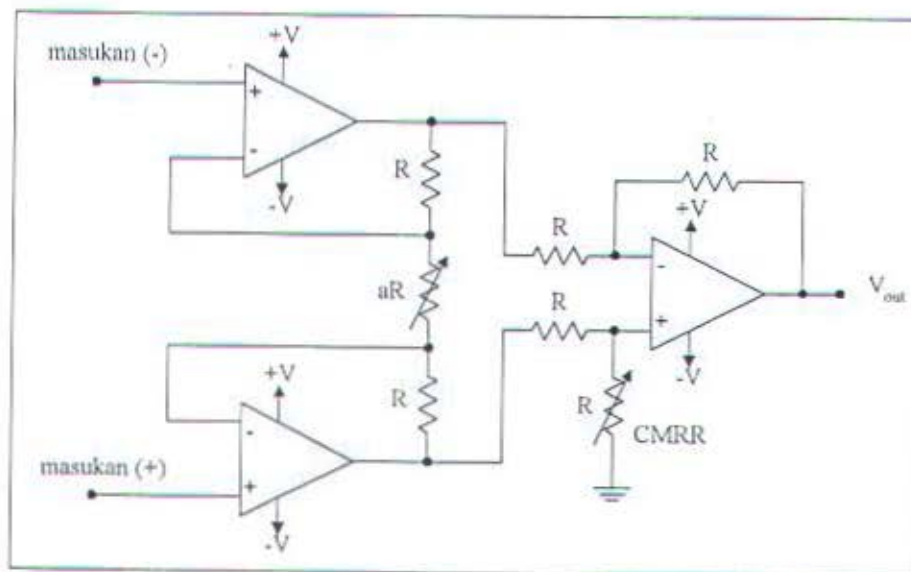
Gambar 2.13
Low Pass Filter -40 dB/dekade

2.1.2.e PENGUAT INSTRUMENTASI

Penguat instrumentasi merupakan penguat differensial tegangan presisi yang diperlukan jika interferensi disekitarnya cukup tinggi dan dikhususkan terutama untuk pengukuran sinyal-sinyal kecil.

Penguat instrumentasi dapat dibuat dengan memakai tiga buah penguat operasional, yaitu dua buah sebagai penyangga (*voltage follower*) dan sebuah sebagai penguat differensial, seperti terlihat pada gambar 2.14. Penguatan tegangan ditentukan oleh besarnya resistor aR , yaitu :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{2}{a} \quad \text{dimana } a = aR / R$$

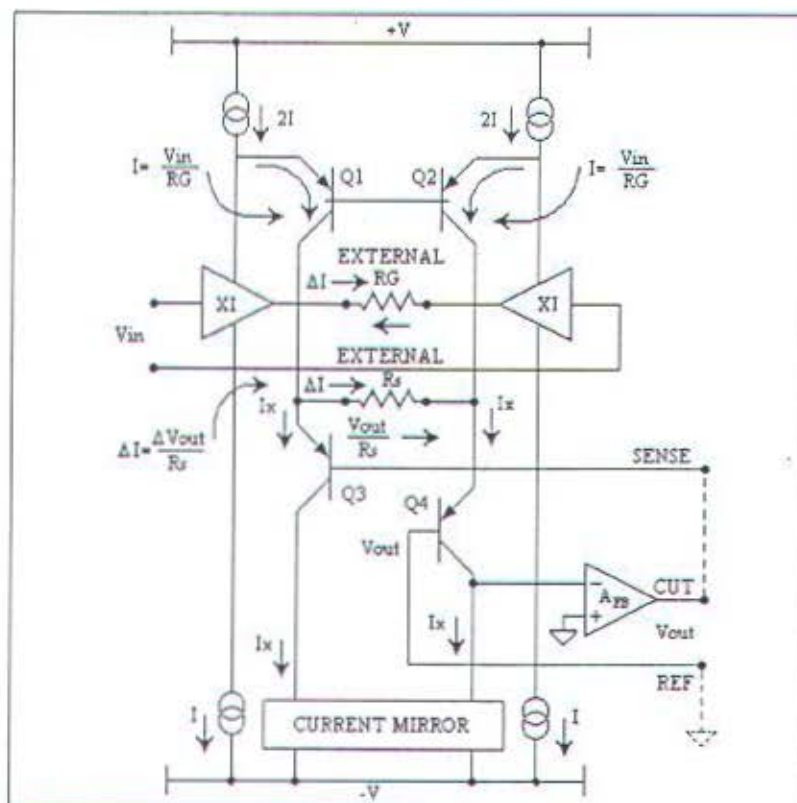


Gambar 2.14
Penguat instrumentasi

Selain dengan memakai tiga buah penguat operasional seperti diatas, sudah ada penguat instrumentasi yang terintegrasi dalam satu chip yaitu penguat instrumentasi **AD521** yang mempunyai unjuk kerja yang sangat baik. Hal ini

ditunjukkan oleh karakteristiknya yaitu impedansi input yang tinggi ($3 \times 10^9 \Omega$), arus bias yang rendah serta *Common Mode Rejection Ratio* (CMRR) yang tinggi (110 -120 dB).

Cara kerja dari penguat instrumentasi AD521 ditunjukkan pada gambar 2.15. Sebuah tegangan input differensial V_{IN} , diteruskan menuju R_G , menyebabkan ketidakseimbangan (*imbalance*) arus yang mengalir pada Q_1 dan Q_2 , $\Delta I = V_{IN} / R_G$. Ketidakseimbangan arus ini mengalir melalui R_S karena arus kolektor dari Q_3 dan Q_4 adalah sama (sebesar I_X) oleh biasnya (*current mirror*).



Gambar 2.15¹⁰
Skema dari IC AD521

¹⁰ -----, DATA ACQUISITION DATABOOK 1982 VOLUME 1 (Analog Device inc., 1982) p. 5-11.

Kondisi ini hanya bisa terpenuhi jika tegangan differensial pada R_S sama dengan $\Delta I \times R_S$ (yang sama dengan tegangan output, V_{OUT}). Oleh karena itu, didapat persamaan sebagai berikut :

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_G} \times R_S \quad \text{atau} \quad AV = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R_S}{R_G}$$

Dari persamaan ini diketahui bahwa penguatan (*gain*) ditentukan oleh resistor eksternal R_G dan R_S .

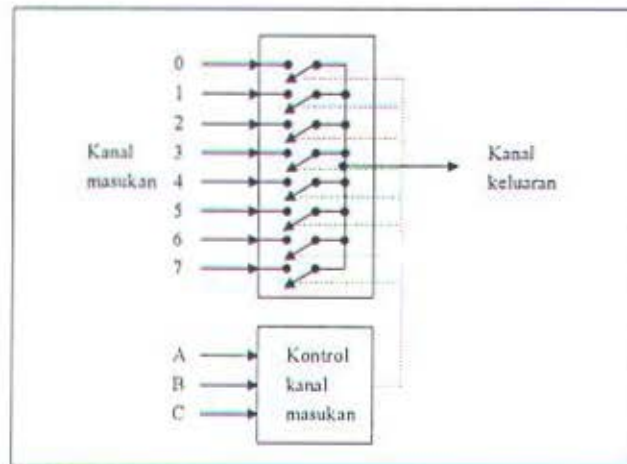
2.1.3 PENGUBAHAN SINYAL ANALOG KE DIGITAL

Data yang akan diolah dikomputer harus merupakan data digital yang merupakan kode biner yang terdiri dari kode "0" dan "1". Sedangkan sinyal yang akan diolah adalah merupakan sinyal analog (sinyal kontinyu), untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengubah sinyal analog tersebut kedalam bentuk sinyal digital. Suatu sistem pengubah biasanya terdiri dari pemilih kanal input (multiplekser analog), rangkaian sampel/hold, dan *Analog to Digital Converter* (ADC).

2.1.3.a MULTIPLEKSER ANALOG

Multiplekser analog merupakan rangkaian multipleks yang digunakan untuk memilih sinyal input analog, dimana kanal input dipilih melalui kontrol kanal input. Pada gambar 2.16 menggambarkan sebuah multiplekser dengan delapan kanan masukan dan satu kanal keluaran (output). Dengan memberikan konfigurasi data

yang tepat pada kontrol kanan input maka salah satu dari input ini akan dihubungkan dengan kanal keluaran.



Gambar 2.16
Multiplexer analog delapan kanal

Multiplexer analog yang ada dipasaran adalah multiplexer analog 4051.

Tabel kebenaran untuk multiplexer analog 4051 dapat dilihat pada tabel 2.1.

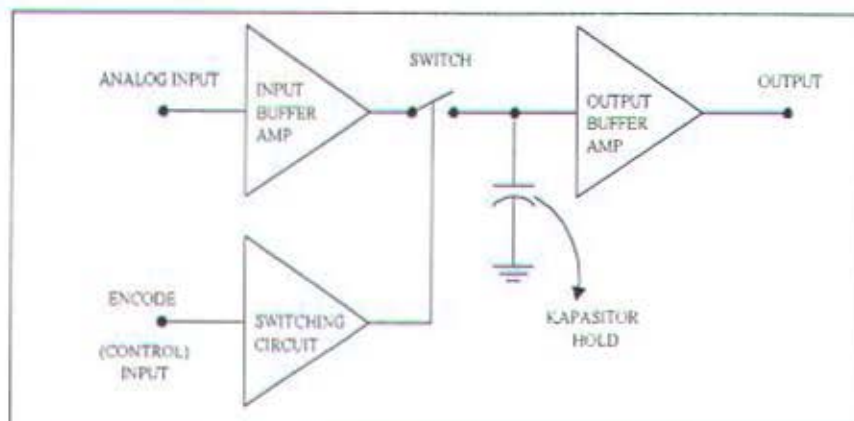
Tabel 2.1
Tabel kebenaran multiplexer analog 4051

Inh	Input			ON Channel
	C	B	A	
1	X	X	X	None
0	0	0	1	Y0
0	0	0	0	Y1
0	0	1	1	Y2
0	0	1	0	Y3
0	1	0	1	Y4
0	1	0	0	Y5
0	1	1	1	Y6
0	1	1	0	Y7

Jangkauan input analog yang dapat diberikan dapat berupa tegangan input puncak ke puncak (V_{p-p}) atau tagangan DC, tergantung kepada besarnya tegangan yang diberikan pada pin V_{DD} dan $-V_{EE}$.

2.1.3.b SAMPLE/HOLD

Penguat *Sample/Hold* diperlukan karena dalam beberapa hal sinyal input analog bervariasi cukup cepat. Perubahan sinyal input selama waktu konversi, terutama pada ADC jenis *Successive Approximation* akan menyebabkan terjadi kesalahan konversi yang cukup besar. Dengan kata lain adalah bahwa untuk ADC jenis SAR, selama proses konversi berlangsung sinyal input harus bernilai konstan. Alat ini berfungsi untuk menyampel input analog dan menahannya (*hold*) untuk dikonversi sampai sampel berikutnya diulangi.



Gambar 2.17
Blok diagram penguat sample/hold

Mode operasi penguat *sample/hold* adalah mode *sample/track* dan mode *hold*. Dalam mode *sample/track*, output menjejaki input secermat mungkin sampai

perintah *hold* diberikan. Sedangkan dalam mode *hold*, output menahan nilai terakhir sinyal input, yaitu pada saat perintah *hold* diberikan.

Penguat *sample/hold* terdiri dari penguat input, komponen penyimpan energi berupa kapasitor, penyangga keluaran dan rangkaian switching, seperti terlihat pada gambar 2.17.

2.1.3.c ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

Analog to Digital Converter (ADC) merupakan peralatan yang dipakai untuk mengubah sinyal listrik analog menjadi sinyal digital. Dalam perencanaan pembuatan ADC diperlukan beberapa pertimbangan tertentu, yang mana spesifikasinya ditentukan oleh kecepatan konversi (*conversion time*), keakuratan (*accuracy*), stabilitas (*stability*), maupun faktor biaya.

2.1.3.c.1 SUCCESSIVE APPROXIMATION ADC

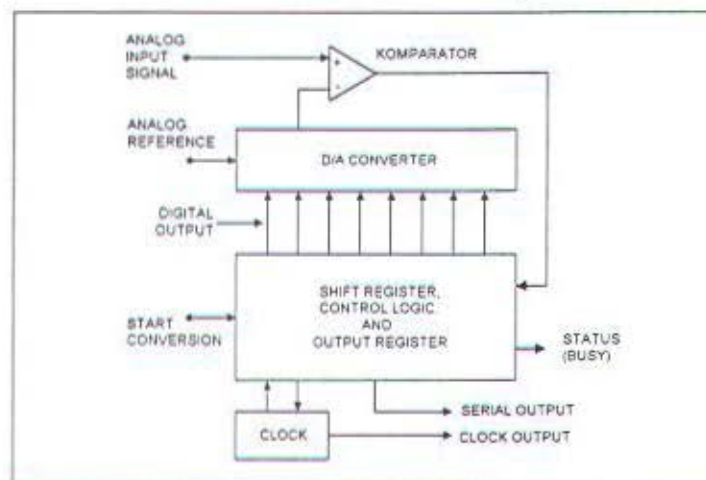
ADC jenis ini mempunyai rangkaian yang lebih kompleks dibandingkan dengan jenis *Ramp Integrating*, tetapi mempunyai waktu konversi yang lebih kecil. ADC jenis ini tidak menggunakan pencacah untuk memberikan masukan ke blok pengubah digital ke analognya (DAC), tetapi menggunakan *Register Successive Approximation* (SAR), seperti terlihat pada gambar 2.18.

Cara kerja dari *successive approximation* ADC adalah sebagai berikut :

- MSB diset *high* dan bit-bit lainnya diberi logika *low*. Hal ini akan menghasilkan nilai V_{out} lebih besar daripada V_{in} , sehingga keluaran

pembandingan berubah menjadi *low* dan akan mereset MSB. Sebaliknya jika V_{out} lebih kecil dari V_{in} , MSB tetap *high*.

- MSB kedua diset *high*, dan jika nilai baru dari V_{out} lebih besar dari V_{in} , maka bit ini akan direset menjadi *low* dan sebaliknya jika lebih kecil, bitnya akan tetap *high*.



Gambar 2.18
Blok diagram Successive Approximation ADC

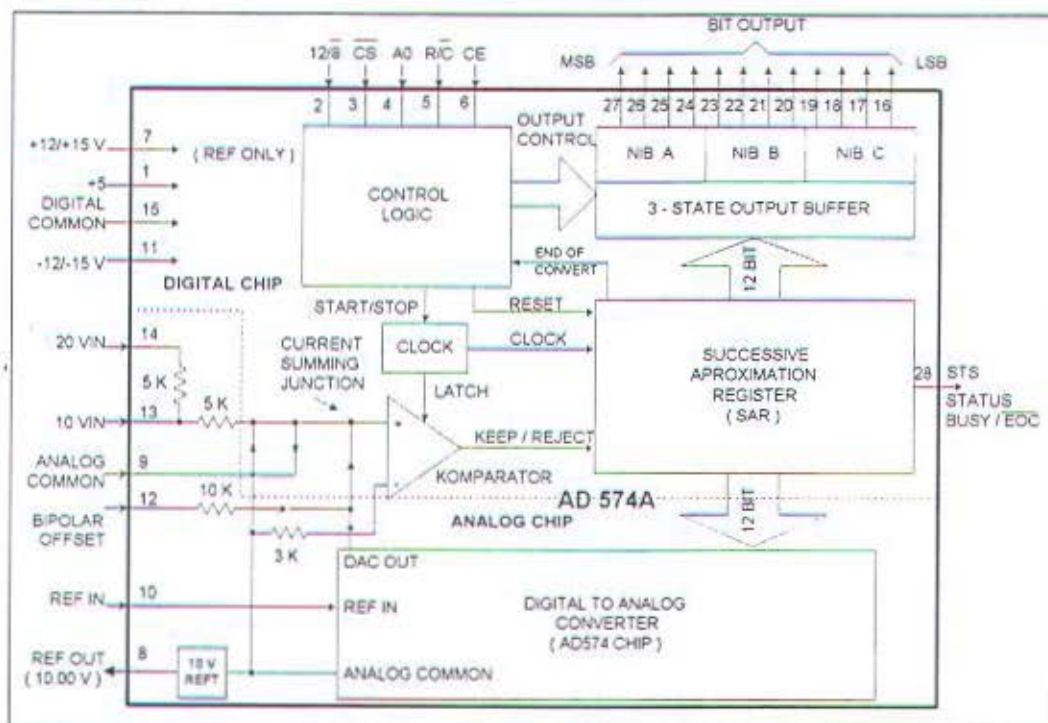
- Proses tersebut akan terus dilakukan untuk setiap bit dalam register, dimana diperlukan satu periode *clock* untuk setiap bit. Dengan resolusi 12 bit akan dibutuhkan 12 pulsa *clock* untuk satu kali konversi.

2.1.3.c.2 ANALOG TO DIGITAL CONVERTER AD574A

ADC AD574A merupakan *successive approximation* ADC 12 bit yang dilengkapi dengan rangkaian *buffer* keluaran *tri-state* dan langsung dapat diinterfacekan dengan mikroprosesor 8 atau 16 bit.

BLOK DIAGRAM

ADC AD574A dirancang menjadi dua bagian dalam satu chip yaitu bagian rangkaian analog dan bagian digital, seperti terlihat pada blok diagram pada gambar 2.19.



Gambar 2.19¹¹
Blok diagram ADC AD574A

Bagian rangkaian analog terdiri dari pengubah digital ke analog (DAC) 12 bit AD565A dan rangkaian tegangan referensi. Sedangkan bagian digital terdiri dari *successive approximation register*, *buffer* keluaran (*tri-state buffer*) dan rangkaian kontrol, *clock*, *bus interface*, dan komparator.

¹¹ Ibid., p.11-43

ADC AD574A mempunyai dua tegangan input analog yaitu mode *unipolar* dan *bipolar*. Jangkauan tegangan input analognya adalah 0V sampai +10V atau 0V sampai +20V untuk mode *unipolar*, sedangkan untuk mode *bipolar* mempunyai jangkauan tegangan input -5V sampai +5V atau -10V sampai +10V.

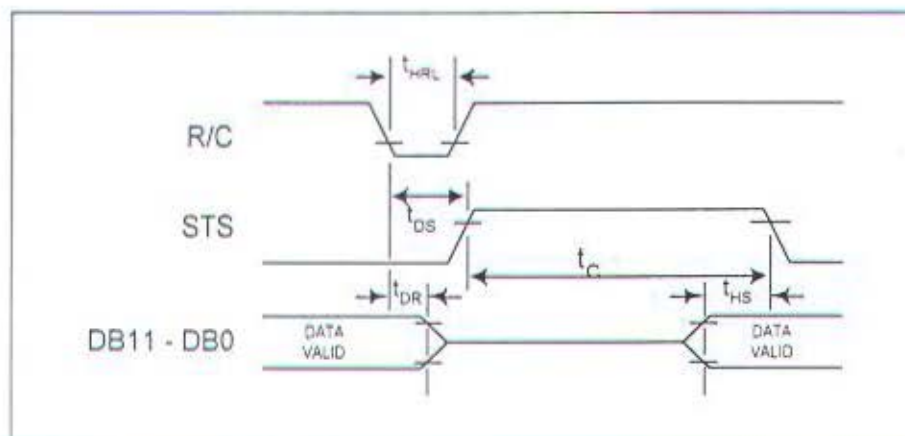
Ketika bagian kontrol diberikan sinyal untuk memulai konversi, *clock* akan di-*enable* dan *successive approximation register (SAR)* direset menjadi nol. Selama siklus konversi, hal ini tidak dapat dihentikan atau diulang kembali. SAR yang bekerja berdasarkan *clock*, akan bekerja terus-menerus selama proses konversi dan akan mengirimkan sinyal *end-of-convert* ke bagian kontrol jika proses telah selesai. Bagian kontrol kemudian men-*disable clock*, membuat status keluaran *low*, dan meng-*enable buffer* output *tri-state* untuk bisa dibaca.

Selama proses konversi, arus keluaran DAC berubah berdasarkan keluaran dari SAR mulai dari *most-significant-bit (MSB)* sampai *least-significant-bit (LSB)*. Arus keluaran dari DAC kemudian dibandingkan dengan arus sinyal input, jika lebih kecil maka bit akan *on (high)*, sedangkan jika lebih maka bit akan *off (low)*. Proses ini akan berlangsung sampai ke 12 bit telah dites, dan SAR akan berisi 12 bit kode biner yang menyatakan besarnya sinyal input.

PENGOPERASIAN MODE *STAND ALONE*

Dalam mode *stand alone*, pin CE, dan 12/8 diberikan logika *high*, CS dan A₀ diberikan logika *low*, dan konversi dikontrol melalui pin R/C. *Buffer tri-state* akan di-*enable* pada saat R/C *high* dan konversi mulai saat R/C *low*. Jika konversi

dimulai dengan pulsa *low* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.20, keluaran akan mempunyai status impedansi tinggi sebagai response dari *falling edge* dari R/C dan kembali ke level logika *valid* setelah siklus konversi selesai. Jalur STS menjadi *high* 500 ns setelah R/C menjadi *low* (awal konversi) dan kembali menjadi *low* 300 ns setelah data *valid* (siklus konversi selesai).



Gambar 2.20¹²
Timing diagram ADC AD574

HUBUNGAN BIPOLAR DAN KALIBRASI

Hubungan bipolar dan kalibrasinya ditunjukkan pada gambar 2.21. R_1 adalah untuk kalibrasi offset dan R_2 untuk kalibrasi gain. Prosedur dari kalibrasi offset dan gain adalah sebagai berikut dalam hal ini dikhususkan untuk range input ± 5 V :

- Hubungkan sinyal DC $\frac{1}{2}$ LSB diatas skala negatif penuh ($-4,9988$ V).
Atur potensiometer R_1 sehingga terjadi transisi perubahan output antara 0000 0000 0000 dan 0000 0000 0001.

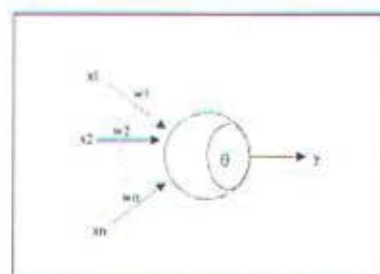
¹² Ibid., p.11-46

2.2 METODE JARINGAN SARAF TIRUAN

2.2.1 PEMODELAN SEL SARAF

Model sel saraf dibuat berdasarkan fungsi sel saraf biologis, dimana untuk menyederhanakan pemodelan, dibuat model berdasarkan beberapa asumsi. Ada beberapa pemodelan yang telah dikembangkan, antara lain sel saraf McCulloch dan Pits yang merupakan pelopor pemodelan sel saraf. F Rossemblatt yang memelopori simulasi jaringan saraf tiruan pada komputer digital, sedangkan Bernard Widrow dan Mercian E. Hoff mengembangkan pemodelan sel saraf adaptif yang mampu belajar dan kemudian dikenal dengan nama *perceptron*. Pemodelan sel saraf yang akan dibahas berikut ini adalah pemodelan sel saraf dari Bernard Widrow yang sekarang ini banyak digunakan dalam berbagai model jaringan saraf tiruan.

Sel saraf tiruan dirancang untuk meniru karakteristik sel saraf biologis. Setiap unit sel terdiri dari beberapa input x dan output y . Setiap input dikalikan dengan bobot tertentu yang analog dengan kopel hubungan sinapsis. Kemudian semua input hasil perkalian dengan bobot dijumlahkan untuk menentukan tingkat aktivasi suatu neuron buatan. Model neuron buatan dapat dilihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.22¹⁴
Model neuron buatan

¹⁴ Russell Beale and Tom Jackson, *NEURAL COMPUTING AN INTRODUCTION* (IOP Publishing Ltd., 1990) p. 44

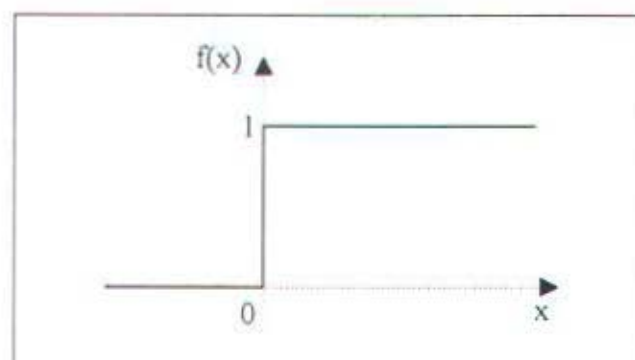
Output sebuah neuron ditentukan oleh fungsi threshold dan secara umum dapat dirumuskan dalam sebuah persamaan :

$$Y_{(t)} = f \left(\sum_{i=1}^n W_i X_{i(t)} - \theta \right) \dots\dots\dots (1)$$

dimana W_i adalah bobot interkoneksi, θ adalah bias unit sel, t adalah waktu dan n adalah jumlah input. Koefisien bobot W_i berharga positif bila sifatnya menguatkan (*excitatory*) sinyal input dari sel lain dan berharga negatif bila bersifat menghambat (*inhibitory*).

Fungsi output neuron $f(x)$ berharga antara 0 dan 1 tergantung dari jenis fungsi yang digunakan. Fungsi threshold yang biasanya digunakan adalah fungsi sigmoid, fungsi tangga satuan (fungsi step), fungsi ramp, atau fungsi linier. Fungsi step atau fungsi tangga satuan yang bentuknya dapat dilihat pada gambar 2.23, secara matematis berbentuk,

$$\begin{aligned} f_s(x) &= 1, & x > 0 \\ f_s(x) &= 0, & x \leq 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (2)$$

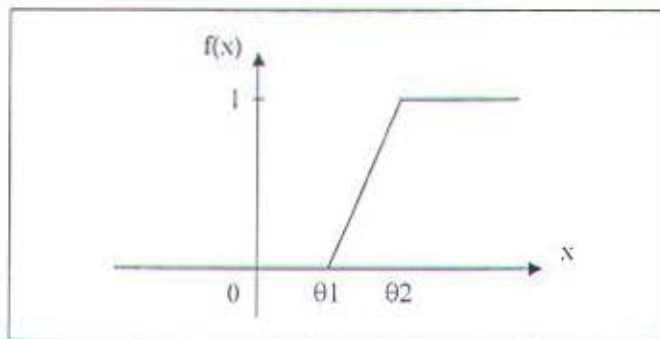


Gambar 2.23¹⁵
Fungsi threshold step

¹⁵ Ibid., p.42

Fungsi ramp ditunjukkan pada gambar 2.24, mempunyai persamaan :

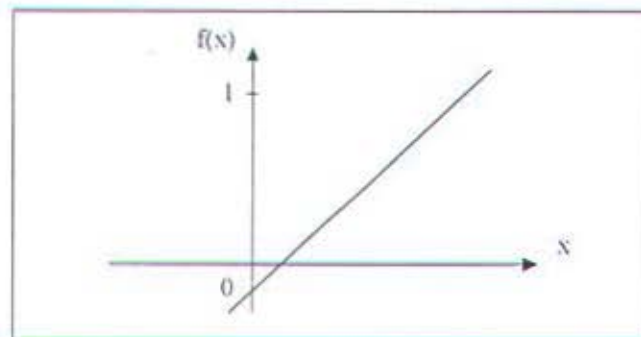
$$\begin{aligned} f(x) &= 0, & x < \theta_1 \\ f(x) &= ax + b, & \theta_1 \leq x \leq \theta_2 \\ f(x) &= 1, & x > \theta_2 \end{aligned} \quad (3)$$



Gambar 2.24¹⁶
Fungsi threshold ramp

Fungsi linier yang ditunjukkan pada gambar 2.25 mempunyai persamaan matematis :

$$f(x) = ax + b \quad (4)$$

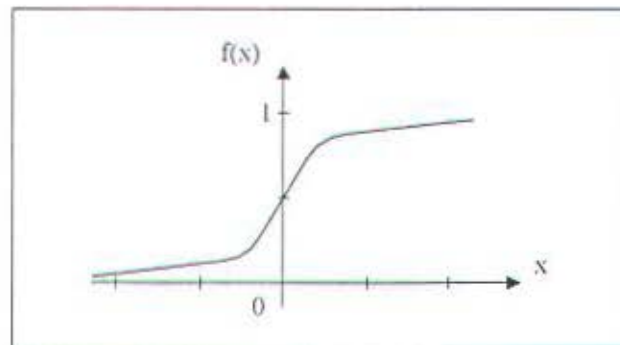


Gambar 4.25
Fungsi threshold linier

¹⁶ Valluru B. Rao and Hayagriva V. Rao, C++ NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC (New York : Henry Holt and Company, Inc, 1993), p. 85

Fungsi sigmoid dengan bentuk seperti gambar 2.26 merupakan fungsi non linier. Sebuah fungsi sigmoid ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}, \quad 0 < f(x) < 1 \quad \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 2.26¹⁷
Fungsi threshold sigmoid

Model neuron buatan diatas mengabaikan banyak sekali karakteristik biologis neuron yang sebenarnya, misalnya tidak memperhitungkan waktu tunda yang mempengaruhi dinamika sistem, tidak melibatkan fungsi modulasi frekuensi yang di bidang kedokteran dipandang penting dan lain-lain. Namun demikian, model sel saraf ini telah mampu menunjukkan hasil yang cukup baik dalam membangun struktur jaringan saraf tiruan.

2.2.2 DASAR KONSEP BELAJAR

Salah satu hal menarik sehingga dikembangkan jaringan saraf tiruan adalah kemampuan untuk belajar. Bobot-bobot koneksi sangat mempengaruhi kinerja jaringan secara keseluruhan. Pada pengoperasian jaringan saraf tiruan, terdapat dua

¹⁷ Ibid., p. 84

tahap operasi yang terpisah, yaitu tahap belajar dan tahap pemakaian. Pada tahap belajar, terjadi proses penyesuaian bobot koneksi. Penyesuaian bobot ini bertujuan agar setiap pemberian input (set belajar) ke jaringan menghasilkan output yang diinginkan oleh pemakai. Pada jaringan saraf tiruan proses belajar menggunakan kaidah yang berbeda-beda, tergantung arsitektur yang digunakan. Berdasarkan ada tidaknya acuan pada saat proses belajar berlangsung, kaidah belajar dikelompokkan menjadi dua, yaitu belajar dengan pengawasan (*supervised learning*) dan belajar tanpa pengawasan (*unsupervised learning*).

Pada proses belajar dengan pengawasan, setiap pemberian set belajar, pemakai sudah memberikan output yang diinginkan. Penyesuaian bobot dilakukan berdasarkan perbedaan output saat itu dengan output yang diinginkan. Proses belajar dengan pengawasan saat ini adalah yang paling banyak digunakan, karena pada banyak aplikasi menunjukkan keberhasilan lebih banyak jika dibandingkan dengan menggunakan proses belajar tanpa pengawasan.

Pada proses belajar tanpa pengawasan, acuan berupa output yang diinginkan tidak perlu diberikan pada jaringan. Jaringan akan menyesuaikan bobot-bobot koneksi dengan sendirinya sampai muncul output yang benar. Kohonen Self Organizing adalah contoh jaringan yang menggunakan proses belajar tanpa pengawasan.

Pada tahap pemakaian, input awal berupa informasi yang tidak diketahui, diberikan sebagai input jaringan. Setiap sel akan melakukan komputasi berdasarkan fungsi aktifasinya yang terjadi dengan pengaruh bobot koneksi yang terbentuk

selama proses belajar. Akhirnya informasi akan mengalir dari sel ke sel dalam jaringan menuju output jaringan. Output jaringan ini merupakan tanggapan jaringan terhadap inputnya.

Algoritma proses belajar dengan pengawasan dapat disebutkan secara garis besar sebagai berikut :

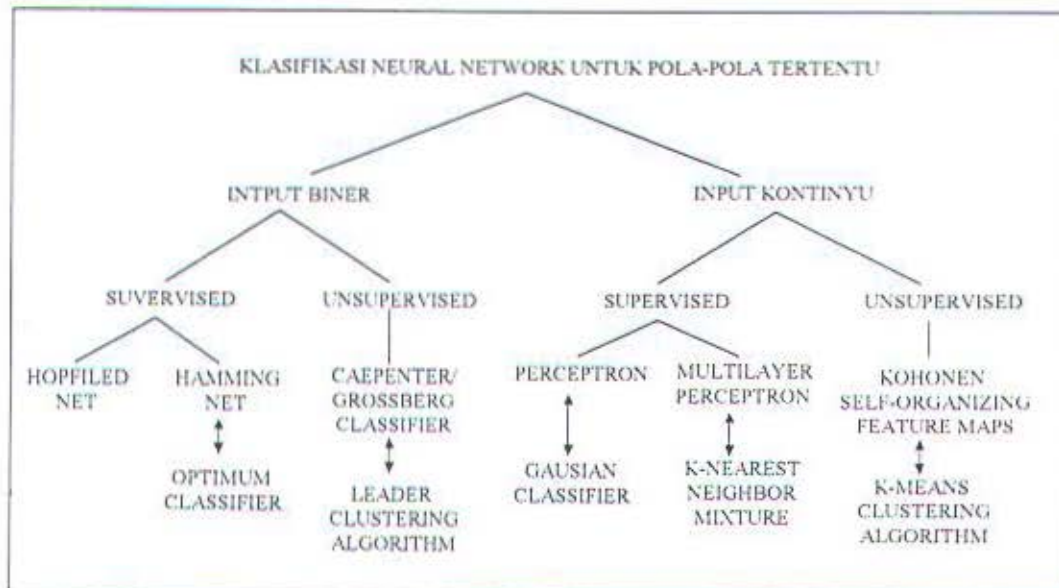
- nilai bobot dan bias diset random
- pola pertama diinputkan
- output sesungguhnya dihitung
- nilai bobot diubah dengan menguatkan keputusan yang benar dan sebaliknya melemahkan keputusan yang salah, atau dengan kata lain mereduksi kesalahan
- pola berikutnya diinputkan

2.2.3 MODEL JARINGAN SARAF TIRUAN

Jaringan saraf tiruan dapat didefinisikan sebagai sebuah interkoneksi dari sel-sel saraf dimana output dari sel-sel tersebut dihubungkan melalui bobot-bobot koneksi menuju ke sel-sel yang lain dan begitu seterusnya sampai mencapai output terakhir.

Sampai saat ini sudah banyak peneliti yang mengembangkan model-model jaringan saraf tiruan. Dimana model-model tersebut dikembangkan untuk aplikasi-aplikasi tertentu, sehingga suatu aplikasi biasanya lebih cocok menggunakan satu model tertentu, walaupun semua model dapat dipergunakannya.

Secara global model-model jaringan saraf tiruan diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.27.



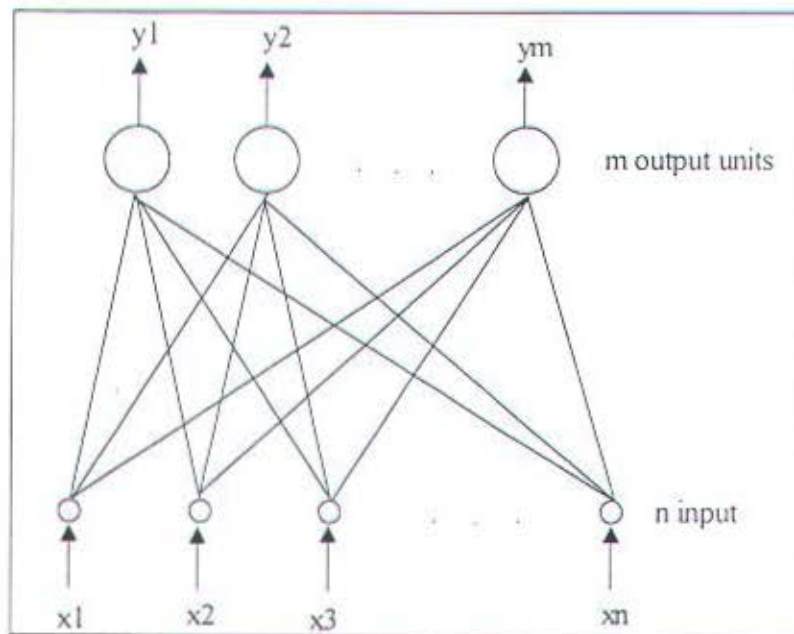
Gambar 2.27¹⁸
Klasifikasi model jaringan saraf tiruan

Sesuai dengan aliran pengolahan sinyal input, jaringan saraf tiruan dibagi menjadi 2 tipe yaitu jaringan *feedforward* dan jaringan *recurrent* atau *feedback*. Jaringan *recurrent* terdiri dari sel-sel yang tersusun dalam satu layer, dengan sel saling berhubungan untuk mengorganisasi jaringan. Sedangkan jaringan *feedforward* mempunyai struktur yang terdiri dari beberapa layer tanpa hubungan interkoneksi antar sel dalam setiap layer, dan sinyal mengalir dari layer input menuju layer output dalam satu arah. Dalam kesempatan ini hanya akan dibahas mengenai jaringan *feedforward* saja. Dalam hal ini adalah perceptron.

¹⁸ Richard P. Lippmann, AN INTRODUCTION TO COMPUTING WITH NEURAL NETWORKS (IEEE ASSP Magazine, April 1987), p. 6

2.2.4 PERCEPTRON

Perceptron adalah sebuah model jaringan saraf tiruan yang mudah untuk jaringan dan aturan belajarnya. Perceptron termasuk jenis jaringan feedforward. Struktur jaringan single layer perceptron dapat dilihat pada gambar 2.28. Fungsi aktivasi yang digunakan merupakan fungsi threshold linier.



Gambar 2.28¹⁹
Struktur jaringan single layer perceptron

Prosedur belajar dari single layer perceptron adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi bobot dan bias

Harga $W_i(t)$ dengan $0 \leq i \leq n$, merupakan bobot input i pada waktu t , dan bias akan menentukan harga threshold pada output, W_n adalah harga bias

¹⁹ Jacek M. Zurada, INTRODUCTION TO ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (Singapore : Info Acces Distribution Pte Ltd., 1992), p. 175

(negatif) dan selalu berharga 1. Pada saat awal, $t=0$, $W_i(0)$ ditentukan berharga random dan kecil (tahap inisialisasi).

2. Pola input dan output yang diharapkan, disiapkan.

Pola inputnya $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, sedangkan output yang dikehendaki $d(t)$.

3. Output sesungguhnya dihitung dengan persamaan

$$y(t) = f_h \left(\sum_{i=0}^n W_i(t) x_i(t) \right) \dots\dots\dots (6)$$

dimana fungsi f_h yang digunakan adalah persamaan (2).

4. Adaptasi bobot

Widrow dan Hoff mengajukan konsep perubahan bobot yang dikenal dengan aturan delta (*delta rule*). Pada prinsipnya aturan delta menghitung perbedaan antara penjumlahan input yang terboboti dan output yang diharapkan, yang disebut kesalahan (*error*). Adaptasi bobot dilakukan sesuai dengan proporsi kesalahan yang terbaik. Bentuk persamaan aturan delta adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta &= d(t) - y(t) \\ W_i(t+1) &= W_i(t) + \eta \Delta X_i(t) \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Dimana $d(t)$ adalah respon yang diharapkan sistem, dan $y(t)$ adalah respon yang sebenarnya. Cara ini kerjanya merupakan proses penambahan dan pengurangan, jika output yang dikehendaki 1 dan output yang sesungguhnya 0, $\Delta = +1$, maka harga bobot bertambah. sebaliknya bila output yang dikehendaki 0 dan output yang sesungguhnya 1, $\Delta = -1$,

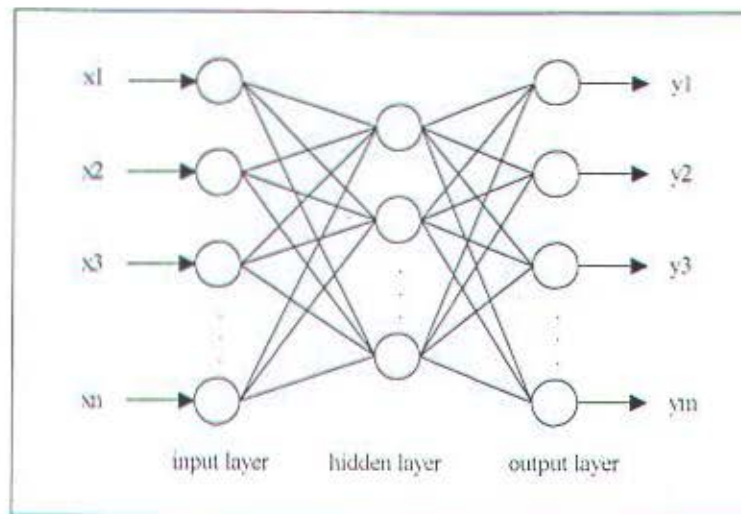
sehingga harga bobot berkurang. Jika outputnya benar maka bobot tidak berubah, karena $d(t) - y(t) = 0$ adalah penguatan positif yang mengontrol kecepatan adaptasi, harganya $0 \leq \Delta \leq 1$.

Keterbatasan dari single layer perceptron adalah hanya mampu menangani masalah yang polanya terpisah secara linier, atau masalah-masalah yang sederhana. Perceptron kemudian dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuannya, dan akhirnya berhasil dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuannya, yang berupa jaringan multilayer perceptron beserta aturan belajarnya yang lebih baik yang akan dibahas pada sub bab berikut ini.

2.2.5 MULTILAYER PERCEPTRON

Single layer perceptron mampu menguasai masalah yang mempunyai fungsi pemecahan linier. Tetapi kenyataannya input yang diterima sering bervariasi terhadap waktu dan fungsi pemecahannya bisa non linier. Model ini mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah-masalah seperti diatas. Setelah mengetahui kelemahan dari model single layer perceptron, maka berikut ini akan dibahas model jaringan multilayer perceptron, yang merupakan pengembangan dari single layer perceptron. Pada multi layer perceptron terdapat modifikasi model sel saraf dasar, dimana kalau ada perceptron sebelumnya fungsi aktivasi yang digunakan berupa fungsi threshold tangga satuan seperti pada gambar 2.23. Dengan lebih mendekati sifat sesungguhnya dari sel saraf biologis, yang inputnya tidak hanya seperti logika

0 dan 1 saja, maka digunakan fungsi threshold nonlinier yang dikenal dengan fungsi sigmoid. Bentuk fungsi *sigmoid* dapat dilihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.29
Struktur jaringan multilayer perceptron

Gambar 2.29 menggambarkan struktur multilayer perceptron. Model ini paling sedikit memiliki 3 layer yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Jumlah *hidden layer* ini dapat lebih dari satu.

Dengan perubahan struktur pada jaringan perceptron, maka aturan belajarnya pun berubah. Aturan belajar untuk multilayer perceptron disebut *generalized delta rule* atau yang lazim disebut dengan *Back Propagation*. Multilayer perceptron dengan aturan back propagationnya diharapkan mampu untuk dilatih mengenali pola-pola yang lebih kompleks.

2.2.5.a KONSEP BACK PROPAGATION

Aturan back propagation pertama kali dipublikasikan pada tahun 1986 oleh Rumelhart, McClelland dan Williams. Pengembangan ini merupakan kabar baik bagi perkembangan jaringan saraf tiruan yang dihadapkan pada masalah keterbatasan dalam mengenali pola yang diberikan. Sebelumnya dispesifikasikan hanya untuk pola sederhana yang terpisah secara linier dan belum mampu untuk menghadapi pola yang lebih kompleks.

Operasi pada jaringan ini memiliki kemiripan dengan jaringan single layer perceptron, diantaranya pembandingan dengan output yang diinginkan yang dapat menyebabkan harga bobot diubah sehingga jaringan memberikan output yang lebih akurat pada iterasi berikutnya. Aturan belajar ini menunjukkan penyesuaian bobot dari jaringan, tetapi aturan belajar dari single layer perceptron sendiri tidak dapat dilaksanakan pada multilayer perceptron, ada bagian-bagian tertentu yang harus disesuaikan.

Aturan belajar pada multilayer perceptron sedikit lebih rumit dibandingkan dengan single layer perceptron, oleh karena itu berikut ini akan dibahas mengenai aturan belajar dari multilayer perceptron. Bila jaringan yang belum dilatih diberi input, maka akan mengeluarkan sembarang output. Disini diperlukan fungsi kesalahan yang menunjukkan perbedaan antara output sesungguhnya dengan output yang diharapkan. Karena diperlukan adanya pola acuan yang benar, tipe belajar ini termasuk dalam jenis belajar dalam pengawasan (*supervised learning*). Agar proses belajar dapat dikatakan berhasil, output jaringan diusahakan mendekati

output yang dikehendaki, dengan kata lain harga fungsi kesalahan diturunkan secara kontinyu. Hal ini dapat dicapai dengan menyesuaikan harga bobot-bobot pada hubungan antar unit sel, dan generalized delta rule melakukan hal ini dengan menghitung fungsi kesalahan untuk tiap input, dan kemudian mempropagasikan kembali kesalahan tersebut dari satu layer ke layer sebelumnya. Tiap unit dalam jaringan mengalami penyesuaian bobot sehingga mengurangi harga dari fungsi kesalahan. Untuk unit-unit output, keluarannya dan keluaran yang diharapkan sudah diketahui sehingga penyesuaian bobot-bobotnya relatif mudah. Tetapi untuk unit-unit hidden, penyesuaiannya tidak semudah itu. Secara nalar dapat diduga bahwa unit-unit hidden yang terhubung ke output dengan kesalahan yang besar harus melakukan banyak penyesuaian bobot, sedang bila hubungan ke outputnya hampir benar, penyesuaian bobot hampir tidak perlu dilakukan. Kenyataannya, secara matematis ditunjukkan bahwa bobot untuk tiap node harus disesuaikan secara proporsional terhadap kesalahan pada unit dimana dia dihubungkan. Itulah sebabnya mempropagasi-balikkan kesalahan melalui jaringan ini membuat bobot antara semua layer dapat dikoreksi atau disesuaikan dengan benar. Dalam hal ini fungsi kesalahan dapat berkurang dan jaringan dapat dikatakan belajar.

2.2.5.b DASAR MATEMATIS

Setelah mengikuti penjelasan secara teoritis dari konsep belajar back propagation, berikut ini akan dibahas persamaan-persamaan matematis yang menunjang pembentukan aturan belajar tersebut menjadi suatu algoritma.

Sebelum membahas lebih lanjut, notasi-notasi yang akan digunakan dalam penjelasan matematis ini adalah, E_{pj} adalah fungsi kesalahan untuk pola p pada node j , sedangkan O_{pj} menunjukkan output sesungguhnya pada node tersebut. W_{ij} adalah bobot dari node i ke node j .

Fungsi kesalahan didefinisikan secara proporsional sebagai kuadrat dari beda output sesungguhnya dengan output yang diharapkan, untuk semua pola yang dilatihkan.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_{pj} - O_{pj})^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

Aktifasi pada tiap unit j , untuk pola p , dapat ditulis :

$$net_{pj} = \sum_i W_{ij} O_{pi} \quad \dots\dots\dots (9)$$

dimana merupakan jumlah dari perkalian tiap input dengan bobot masing-masing, seperti pada single layer perceptron.

Output dari tiap unit j adalah keluaran fungsi threshold f_j dari jumlah pembobotan diatas. Di dalam perceptron, fungsi ini merupakan fungsi step, sedangkan pada multilayer perceptron digunakan fungsi sigmoid seperti pada persamaan (5). Sehingga dapat ditulis persamaan :

$$O_{pj} = f_j(net_{pj}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

Kemudian dapat ditulis persamaan :

$$\frac{\partial E_p}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} \frac{\partial net_{pj}}{\partial W_{ij}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dengan melihat bentuk kedua dari persamaan (11) dan mensubstitusikannya ke dalam persamaan (9),

$$\begin{aligned}
\frac{\partial net_{pj}}{\partial W_{ij}} &= \frac{\partial}{\partial W_{ij}} \sum_k W_{kj} O_{pk} \\
&= \sum_k \frac{\partial W_{kj}}{\partial W_{ij}} O_{pk} \\
&= O_{pi} \dots \dots \dots (12)
\end{aligned}$$

Perubahan kesalahan didefinisikan sebagai fungsi dari perubahan didalam input jaringan ke sebuah unit :

$$-\frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} = \delta_{pj} \dots \dots \dots (13)$$

sehingga persamaan (11) menjadi :

$$-\frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}} = \delta_{pj} \delta_{pi} \dots \dots \dots (14)$$

Menurunkan harga E_p berarti membuat perubahan bobot proporsional terhadap

$$\Delta W_{ji} = \eta \delta_{pj} \delta_{pi} \dots \dots \dots (15)$$

Dengan menggunakan persamaan (13) dapat ditulis

$$\delta_{pj} = -\frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} = -\frac{\partial E_p}{\partial O_{pj}} \frac{\partial O_{pj}}{\partial net_{pj}} \dots \dots \dots (16)$$

Dengan melihat persamaan bentuk kedua dan dari persamaan (10) didapat

$$\frac{\partial O_{pj}}{\partial net_{pj}} = f_j(net_{pj}) \dots \dots \dots (17)$$

Dari persamaan (8) E_p dapat diturunkan dengan menghubungkan dengan O_{pj} , didapat,

$$\frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} = -(t_{pj} - O_{pj}) \dots \dots \dots (18)$$

Persamaan ini sangat berguna untuk unit output, dimana target dan output keduanya telah diperoleh, tetapi tidak untuk unit hidden, yang dapat ditulis :

$$\frac{\partial E_p}{\partial O_{pj}} = \sum_k \frac{\partial E_p}{\partial net_{pk}} \frac{\partial net_{pk}}{\partial O_{pj}}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_k \frac{\partial E_p}{\partial net_{pk}} \frac{\partial}{\partial O_{pj}} \sum_i W_{ik} O_{pi} \\
&= \sum_k \delta_{pk} W_{jk} \dots\dots\dots (19)
\end{aligned}$$

Dengan substitusi persamaan (19) kedalam persamaan (16), akhirnya diperoleh :

$$\delta_{pj} = f_j(net_{pj}) \sum_k \delta_{pk} W_{jk} \dots\dots\dots (20)$$

Persamaan ini menunjukkan perubahan dari fungsi kesalahan, yang berhubungan dengan bobot dalam jaringan. Karena proporsional terhadap kesalahan δ_{pj} dalam tiap sub unitnya, maka kesalahan tersebut harus dihitung mulai dari unit output menggunakan persamaan (19) dan kemudian diumpanbalikkan ke jaringan melalui unit-unit di belakangnya untuk mengadakan perubahan harga bobot-bobot koneksinya.

Satu keuntungan dalam menggunakan fungsi sigmoid sebagai fungsi threshold non linier adalah memperlihatkan kelakuan yang hampir alamiah, dimana jaringan menerima input yang besar dan masih mampu mendeteksi perubahan yang kecil. Salah satu alasan penggunaan fungsi ini adalah mempunyai fungsi penurunan yang sederhana, sehingga menyebabkan implementasi back propagation menjadi lebih mudah. Bila output sebuah unit sel, O_{pj} , maka persamaan (8) dapat ditulis :

$$O_{pj} = f(net) = \frac{1}{1 + e^{-k net}} \dots\dots\dots (21)$$

turunan dari persamaan (21), $f'(net)$, adalah :

$$\begin{aligned}
f'(net) &= \frac{ke^{-k net}}{(1 + e^{-k net})^2} \\
&= k f(net)(1 - f(net)) \\
&= k O_{pj}(1 - O_{pj}) \dots\dots\dots (22)
\end{aligned}$$

2.2.5.c ALGORITMA MULTILAYER PERCEPTRON

Dari uraian persamaan-persamaan matematis diatas kemudian disusun menjadi algoritma belajar pada jaringan multilayer perceptron yang dikenal dengan nama algoritma back propagation. Algoritma belajar tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. Inisialisasi harga bobot dan bias.

Semua bobot dan bias diset pada harga yang kecil dan random.

2. Input saat ini dan utput yang diharapkan disiapkan.

Input saat ini $X_p = x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ dan output target $T_p = t_0, t_1, t_2, \dots, t_m$ dimana n adalah jumlah node input dan m adalah jumlah node output. Harga W_0 diset berharga $-\theta$, yang merupakan bias, dan x_0 selalu berharga 1. Untuk keterhubungan pola, X_p dan T_p menunjukkan pola-pola yang akan dihubungkan. Untuk klasifikasi, T_p diset nol kecuali untuk elemen yang berhubungan dengan kelas dari X_p diset 1.

3. Output sesungguhnya dihitung. Hitungan untuk setiap layer,

$$Y_{pj} = f \left(\sum_{i=0}^{n-1} W_{ij} X_i \right) \dots \dots \dots (23)$$

dan melewati hasilnya sebagai input layer berikutnya. Untuk harga pada layer output adalah O_{pj} .

4. Adaptasi bobot

Bermula dari layer output, kemudian mundur ke belakang pada layer-layer sebelumnya.

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} O_{pj} \quad (24)$$

$W_{ij}(t)$ menunjukkan matriks bobot-bobot dari node i ke node j pada saat t , η adalah faktor penguatan, dan δ_{pj} adalah faktor kesalahan pola p pada node j . Untuk unit-unit output

$$\delta_{pj} = k O_{pj} (1 - O_{pj}) (t_{pj} - O_{pj}) \quad (25)$$

Sedangkan untuk unit-unit hidden

$$\delta_{pi} = k O_{pi} (1 - O_{pi}) \sum_k \delta_{pk} W_{jk} \quad (26)$$

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

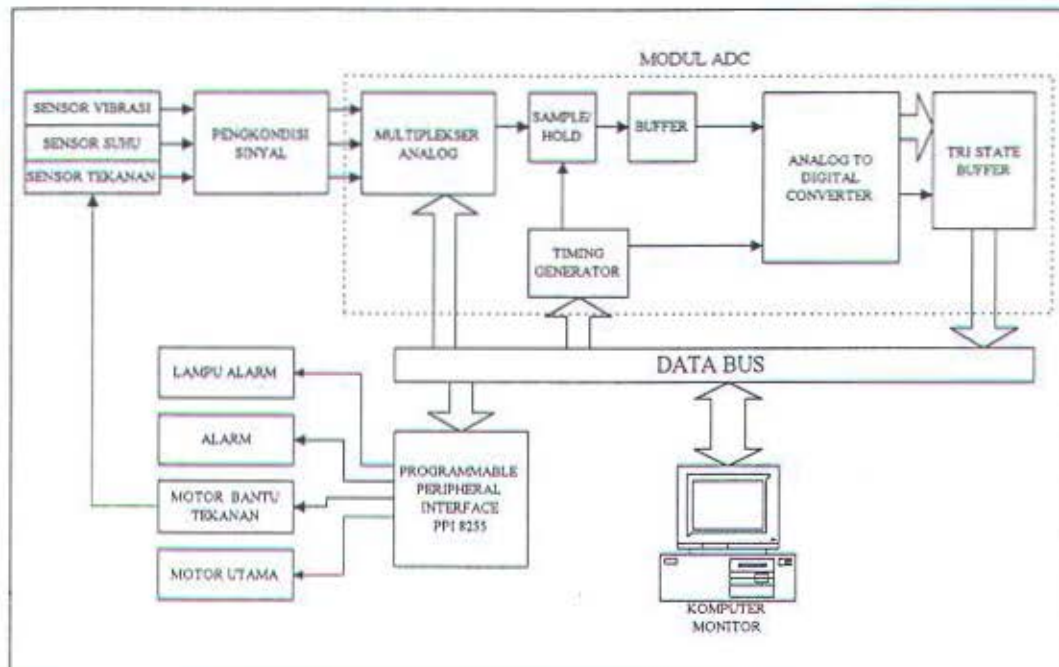
Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan juga mencakup cara kerja dari sistem secara keseluruhan. Pembahasan akan dimulai dengan blok diagram dan cara kerja dari sistem lalu dilanjutkan dengan perencanaan perangkat keras kemudian dilanjutkan dengan perangkat lunak. Sehingga diharapkan pembaca lebih mudah untuk menyimak dan mengerti tentang alat yang akan dibuat.

3.1 BLOK DIAGRAM

Blok diagram dari sistem alat yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.1. Dari gambar blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa sistem terdiri dari beberapa bagian penting yaitu :

- bagian transducer (sensor),
- bagian pengkondisi sinyal,
- bagian *Analog to Digital Converter (ADC)*,
- bagian PPI 8255,
- bagian alarm termasuk lampu alarm serta pengatur tekanan oli yang secara fisik adalah berupa motor,

- komputer IBM-PC sebagai pusat pengontrol.



Gambar 3.1
Blok diagram sistem

Sebelum menjelaskan tentang perencanaan perangkat keras, akan dijelaskan secara singkat mengenai cara kerja dari sistem yang dibuat.

Bagian transduser (sensor) berfungsi untuk mengubah besaran getaran, tekanan, dan suhu menjadi besaran sinyal listrik (tegangan atau arus). Karakteristik dari sinyal-sinyal keluaran transduser tergantung dari transduser masing-masing, dan pada umumnya sinyal-sinyal ini belum bisa diterapkan secara langsung ke ADC. Hal ini disebabkan karena amplitudo sinyal yang terlalu kecil atau bahkan terlalu besar atau karena hal yang lainnya. Supaya bisa diterapkan pada ADC maka diperlukan suatu rangkaian pengkondisi sinyal.

dipilih harga $C_1 = 10 \text{ pF}$

maka harga R_1 dapat dihitung sbb :

$$R_1 \cdot 0,10 \cdot 10^{-12} = 0,1 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

Rangkaian dari *monostable multivibrator* lengkap dengan saklar resetnya dapat dilihat pada gambar 3.8.

3.2.2.b RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL SUHU

Sinyal keluaran dari termokopel mempunyai orde yang sangat kecil yaitu μV , oleh karena itu direncanakan suatu rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat memperkuat sinyal ini agar sesuai dengan range input dari ADC. Penguatan yang diperlukan adalah 1000 kali. Hal yang perlu diperhatikan adalah penguat ini harus mempunyai impedansi input yang tinggi agar sinyal dari termokopel tidak terbebani. Dari pertimbangan ini maka digunakan sebuah penguat instrumentasi terintegrasi AD521 yang mempunyai impedansi input yang tinggi yaitu $3 \cdot 10^9 \Omega$.

Termokopel membutuhkan persambungan referensi yang berfungsi sebagai suhu referensi. Dalam rancangan ini dibuat sebuah rangkaian yang bisa menggantikan persambungan referensi dengan mengkompensasi penurunan atau kenaikan tegangan keluaran termokopel akibat perubahan suhu ruangan.

Untuk menghilangkan noise dari sinyal ini maka sinyal yang telah dikuatkan dilewatkan pada sebuah *low pass filter* -40 dB dengan frekuensi cutoff sebesar 1 Hz. Rangkaianya dapat dilihat pada gambar 3.9.

Prosedur perancangan dari rangkaian pengkondisi sinyal termokopel adalah sebagai berikut :

Penguatan dari penguat instrumentasi ditentukan oleh sebuah resistor R_G . Penguatan yang diinginkan adalah 1000 kali. Penguatan tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$A_V = \frac{R_S}{R_G}$$

Dipilih $R_S = 100 \text{ k}\Omega$, maka diperoleh :

$$A_V = \frac{R_S}{R_G}$$

$$1000 = \frac{100 \text{ k}\Omega}{R_G}$$

$$R_G = 100 \text{ }\Omega$$

Rangkaian *low pass filter* menggunakan jenis Butterworth -40 dB/dekade dengan frekuensi *cut-off* sebesar 1 Hz.

Prosedur perancangannya :

- Dipilih frekuensi *cut-off* $f_c = 1 \text{ Hz}$.
- Dipilih $R_1 = R_2 = R = 10 \text{ k}\Omega$ dan $R_F = 2R = 20 \text{ k}\Omega$
- Dihitung nilai C_1 dari rumus :

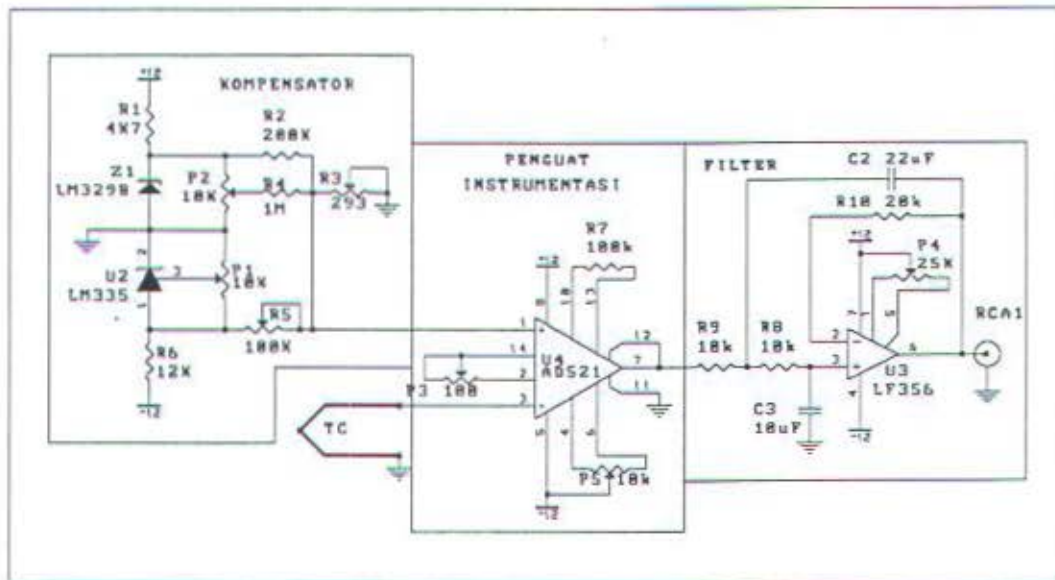
$$C_1 = \frac{0.707}{\omega_c \cdot R}$$

$$C_1 = 11,25 \text{ }\mu\text{F}$$

dipakai $10 \text{ }\mu\text{F}$

- Dipilih $C_2 = 2 \cdot C_1 = 2 \cdot 10 \text{ }\mu\text{F} = 20 \text{ }\mu\text{F}$

dipakai $22 \text{ }\mu\text{F}$



Gambar 3.9
Rangkaian pengkondisi sinyal termokopel

Rangkaian pengkompensasi dirancang dengan menggunakan sensor suhu terintegrasi LM 335 yang mempunyai tegangan keluaran $10\text{mV}/^\circ\text{C}$, dan menggunakan sebuah dioda referensi LM329 yang mempunyai tegangan keluaran 6,9 V sebagai tegangan referensi.

Prosedur perancangannya :

Termokopel yang digunakan adalah tipe K yang mempunyai koefisien Seebeck sebesar $40,8\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Perbandingan antara keluaran LM335 dan termokopel adalah

$$\frac{10\ \text{mV}/^\circ\text{C}}{40,8\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}} = 245$$

Ini berarti bahwa melebihi dari besarnya kompensasi yang dibutuhkan, sehingga diperlukan perlemahan (atenuasi) sebesar 245 kali. Dalam perencanaan rangkaian, ini dibuat dengan rangkaian resistor pembagi tegangan.

Prosedur perancangan dari rangkaiannya adalah sebagai berikut :

$$V_{OUT} = I_{IN} \cdot R_F$$

$$5 \text{ V} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot R_F$$

$$R_F = 250 \, \Omega$$

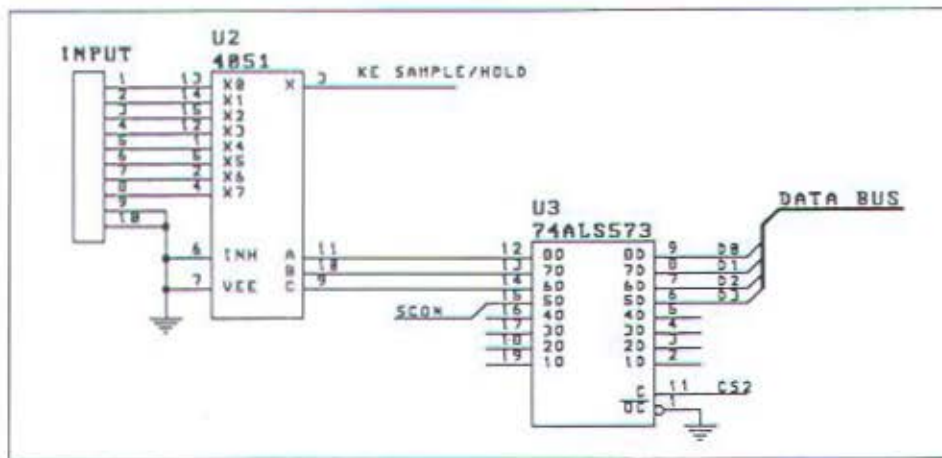
Op-amp yang digunakan adalah tipe LF356, gambar rangkaiannya adalah seperti terlihat pada gambar 3.10.

3.2.3 MODUL PENGUBAH SINYAL ANALOG KE DIGITAL

Modul ini merupakan modul interface yang terdiri dari multiplekser, ADC, penguat *sample/hold*, dekoder alamat, serta pembangkit clock. Perencanaan masing-masing dari bagian ini akan dijelaskan secara terpisah dibawah ini.

PEMILIH KANAL MASUKKAN

Untuk memilih kanal masukan digunakan multiplekser analog 4051 yang termasuk golongan IC CMOS. Besarnya tegangan V_{DD} dan V_{EE} menentukan range masukan sinyal analog. Dalam perencanaan ini V_{DD} diberi tegangan +5 V sedangkan V_{EE} diground, Karena sinyal yang akan dimultipleks mempunyai range antara 0 V - +5 V. Dengan tegangan V_{DD} sebesar +5 V maka kontrol pemilih kanan input dapat *drive* langsung dengan level TTL. Gambar dari bagian ini dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11
Rangkaian pemilih kanal masukan

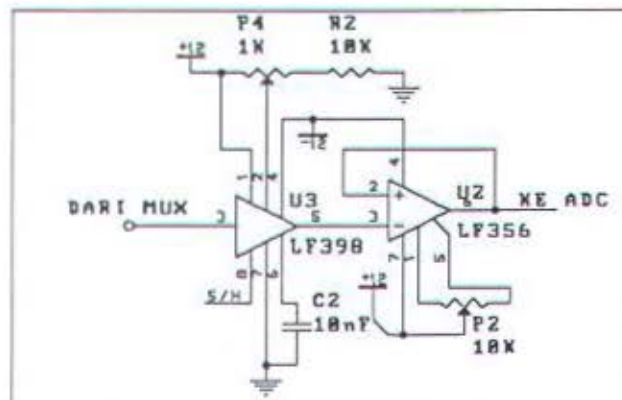
SAMPLE / HOLD

IC *sample/hold* yang digunakan adalah tipe LF 398, yang mempunyai waktu akuisisi kurang dari 10 μ s. Rangkaian ini berfungsi sebagai buffer pada saat mode *sample*, dimana waktu *sample* minimum ditentukan oleh waktu akuisisi dari LF398. Pada mode *hold*, tegangan pada kapasitor *hold* akan dipertahankan. Batas waktu maksimum dari mode *hold* ditentukan berdasarkan perbandingan antara resolusi ADC dengan laju *drop* tegangan output. Ini dimaksudkan agar tegangan output tidak berubah lebih dari tegangan 1 LSB ADC.

Nilai kapasitor *hold* yang digunakan adalah 10 nF. Dari grafik laju *drop*, untuk nilai kapasitor *hold* 10 nF diperoleh laju drop sebesar 3,5 V/s, sedangkan ADC yang direncanakan mempunyai resolusi sebesar 2,44 mV, sehingga waktu *hold* maksimumnya adalah :

$$T = \frac{\text{Resolusi ADC}}{\text{laju drop}} = \frac{2,44 \text{ mV}}{3,5 \text{ mV/ms}} = 697,1 \text{ ms}$$

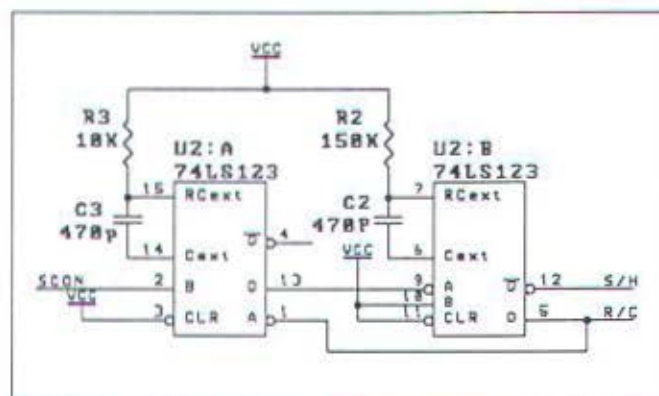
Rangkaiannya seperti terlihat pada gambar 3.12 berikut :



Gambar 3.12
Rangkaian penguat sample/hold

PEMBANGKIT CLOCK

Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan pulsa pada rangkaian *sample/hold* dan untuk mengatur konversi dari ADC. Pulsa untuk *sample/hold* merupakan kebalikan dari pulsa *read/conversion* (R/C) dari ADC. Lebar pulsa *high* dan lebar pulsa *low* yang direncanakan dapat diatur yaitu dengan menggunakan potensiometer.



Gambar 3.13
Rangkaian pembangkit clock

Pulsa *high* pada R/C merupakan sinyal untuk memulai siklus konversi pada ADC. Pada saat yang sama pulsa pada S/H adalah pulsa *low* yang merupakan pulsa untuk mode *sample* pada rangkaian *sample/hold*. Lebar dari pulsa ini direncanakan sebesar 2 μ s. Lebar pulsa dihitung berdasarkan rumus :

$$T_w = K \cdot R_x \cdot C_x$$

dimana K merupakan koefisien yang ditentukan berdasarkan kurva fungsi C_x terhadap K. Dipilih harga $C_x = 470$ pF, harga K didapat dari kurva fungsi C_x terhadap K sebesar 0,48. Dari data ini dapat dihitung harga R_x sebagai berikut :

$$T_{w_{high}} = 0,48 \cdot R_x \cdot C_x$$

$$2 \cdot 10^{-6} = 0,48 \cdot R_1 \cdot 470 \cdot 10^{-12}$$

$$R_1 = 8,86 \text{ k}\Omega \quad (\text{dipakai } R = 10 \text{ k}\Omega)$$

Untuk pulsa *low* direncanakan sebesar 30 μ s, ini didasarkan atas pertimbangan agar lebih besar dari waktu konversi ADC yaitu sebesar 25 μ s. Dipilih harga C_x sebesar 470 pF. Harga R_x dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{w_{low}} = 0,48 \cdot R_x \cdot C_x$$

$$30 \cdot 10^{-6} = 0,48 \cdot R_2 \cdot 470 \cdot 10^{-12}$$

$$R_2 = 132,9 \text{ k}\Omega \quad (\text{dipakai } R_2 = 150 \text{ k}\Omega)$$

RANGKAIAN DEKODER

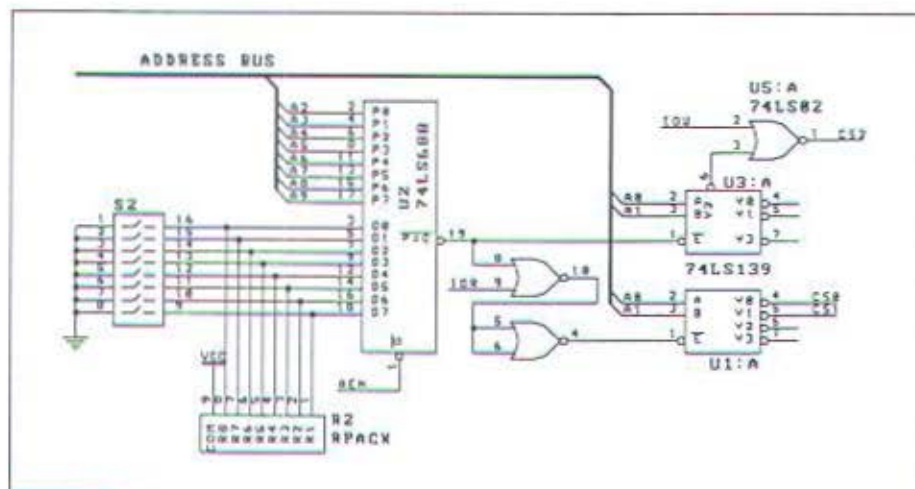
Rangkaian ini berfungsi untuk memetakan suatu alamat input/output didalam sistem komputer agar tidak terjadi konflik pada saat pengambilan dan pengiriman data dari atau ke dalam komputer. Caranya adalah dengan

mengkodekan suatu alamat tertentu pada sistem peralatan yang akan dipakai sebagai alat input/output. Dalam perencanaan ini dipilih alamat 300H, 301H, dan 302H. Dalam rangkaian ini digunakan IC 74LS139, 74LS688, 74LS02, Rpack 1 k Ω dan sebuah saklar DIP8. Tabel kebenarannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1
Tabel kebenaran dari dekoder alamat port ADC

ALAMAT	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
300H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
301H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
302H	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Dari Tabel kebenaran tersebut kemudian ditentukan rangkaian dari dekodernya seperti pada gambar 3.14



Gambar 3.14
Rangkaian dekoder alamat

0-7 dan 301H untuk bit 8-11. *Letch enable* dari IC 74LS573 ini dihubungkan pada pin STS dari ADC melalui sebuah gerbang NOT. Pin STS juga dihubungkan ke data bus sebagai data input melalui port 301h. Pin STS ini berisi informasi tentang status dari ADC AD574 yaitu bernilai "0" jika proses konversi telah selesai atau "1" jika ADC masih dalam proses konversi.

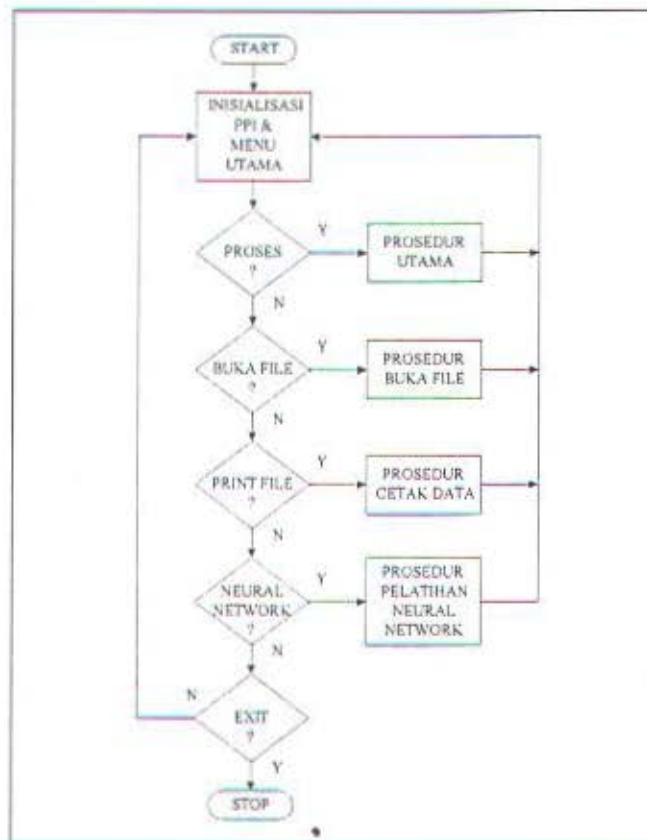
3.3 PERENCANAAN PERANGKAT LUNAK

Perencanaan perangkat lunak mencakup dua hal pokok yaitu mengenai proses pengambilan dan penyimpanan data dari ADC serta pengolahan data yang telah diambil untuk kemudian dipakai sebagai dasar pertimbangan untuk perlu atau tidaknya dilakukan proses umpan balik. Bahasa pemrograman yang akan digunakan adalah bahasa C.

Untuk lebih mengerti tentang alur logika program maka perlu dibuat diagram alur dari program. Diagram alur ini berisikan urutan logika pemrograman sehingga program bisa dibuat lebih terstruktur dengan memperhatikan kondisi dari perancangan perangkat keras yang telah dibuat, sehingga terjadi kesatuan antara perangkat keras dengan perangkat lunak yang akan dibuat. Gambar 3.16 memperlihatkan diagram alur program utama.

Secara garis besar program utama terdiri dari beberapa sub program yang berupa prosedur-prosedur program. Sub-sub program terdiri diantaranya adalah prosedur pemrosesan data, prosedur untuk membuka file, prosedur untuk mencetak file, serta prosedur untuk pelatihan jaringan saraf tiruan yang akan

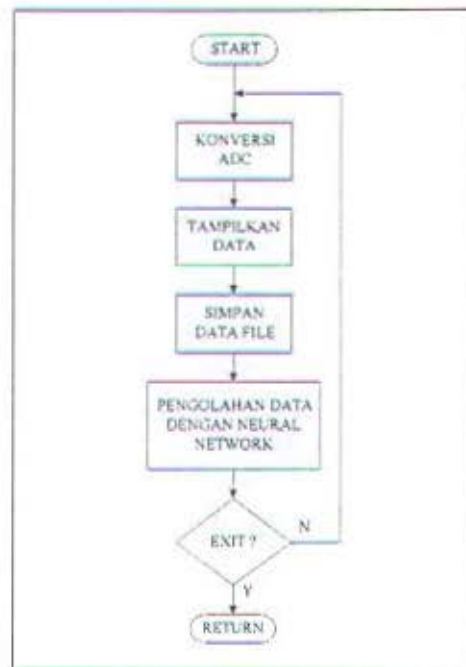
dipakai pada prosedur pemrosesan data. Masing-masing sub program akan dijelaskan satu-persatu berikut ini.



Gambar 3.16
Diagram alir program utama

3.3.1 SUB PROGRAM PEMROSESAN DATA

Pada sub program ini terdiri dari proses konversi ADC, penyimpanan data hasil konversi dari ADC kedalam disket, menampilkan data hasil konversi ke layar monitor, serta proses jaringan saraf tiruan.



Gambar 3.17
Diagram alur prosedur proses utama

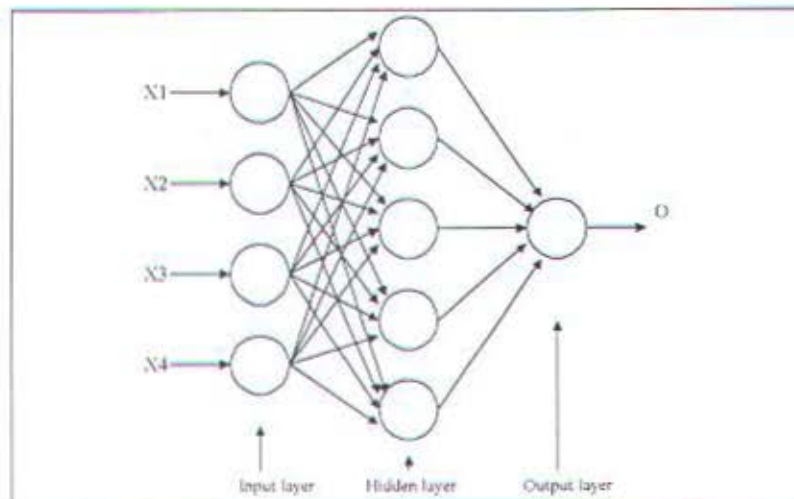
Pada proses konversi ADC dimulai dengan pemilihan kanal masukan kemudian dilakukan start konversi. Setelah proses konversi selesai, dilakukan pembacaan data dari ADC. Data dari ADC disimpan untuk masing-masing parameter input. Setelah proses konversi untuk masing-masing keempat parameter input selesai, data hasil konversi diolah berdasarkan sinyal masukan dari ADC. Setelah melalui pengolahan, data ini disimpan kedalam file dan juga ditampilkan kelayar monitor.

Pada tahap berikutnya keempat parameter ini dimasukkan kedalam jaringan saraf tiruan sebagai pola input. Dalam hal ini jaringan saraf tiruan digunakan untuk mengenali pola input dari keempat parameter Main Blower tersebut. Keluaran dari jaringan saraf tiruan ini memperlihatkan apakah data input tersebut sesuai dengan

pola kondisi optimal dari Main Blower atau tidak. Caranya adalah dengan membandingkan output dari jaringan pada saat tersebut dengan output yang diharapkan, yang telah ditentukan pada proses belajar dari jaringan. Jika diketahui bahwa kondisinya jauh dari kondisi optimal maka motor driver dari Main Blower akan dimatikan secara otomatis.

Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan yang dipakai adalah *Jaringan Backpropagation Network*. Arsitektur dari jaringan saraf tiruan yang digunakan diperlihatkan pada gambar 3.18. Jaringan terdiri dari tiga *layer* yaitu *input layer* terdiri dari empat node, *hidden layer* terdiri dari lima node, dan *output layer* terdiri dari satu node.



Gambar 3.18
Arsitektur Jaringan Backpropagation

X1, X2, X3, X4 masing-masing adalah parameter dari Mesin Blower yaitu *getaran motor*, *getaran blower*, *tekanan oli*, serta *suhu*. Keempat parameter ini

membentuk suatu pola tertentu yang akan dijadikan sebagai pola input dari jaringan. Sebelum dimasukkan ke jaringan, keempat parameter ini terlebih dahulu diproses awal yaitu dijadikan bilangan pecahan yang besarnya berada diantara 0 - 1.

Output dari jaringan akan dibandingkan dengan output yang diharapkan untuk menentukan besarnya *error* (kesalahan). Jika besarnya kesalahan melebihi batas yang ditentukan maka motor dari main blower dimatikan secara otomatis.

3.3.2 SUB PROGRAM BUKA FILE

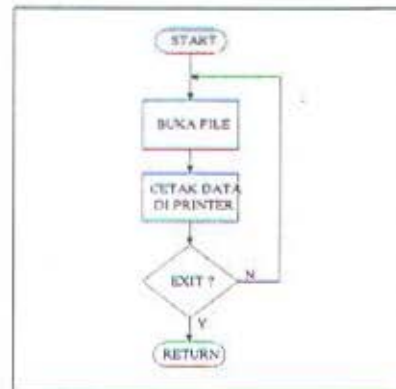
Dalam sub program ini berisikan program untuk membuka file yang telah disimpan sebelumnya. Ini diperlukan jika sewaktu-waktu diinginkan untuk melihat data-data parameter yang telah lalu. Diagram alurnya ditunjukkan pada gambar 3.19.



Gambar 3.19
Diagram alur prosedur buka file

3.3.3 SUB PROGRAM CETAK DATA

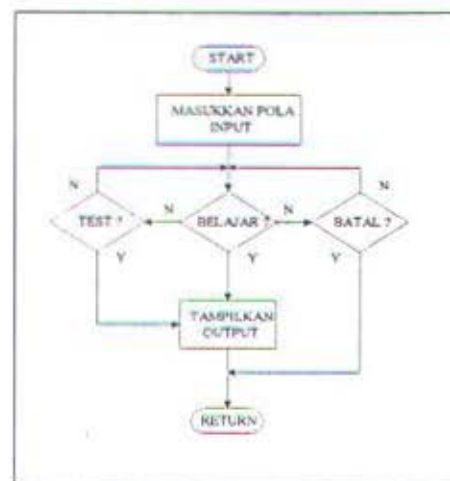
Pada sub program ini berisikan program untuk mencetak data file kedalam kertas. Diagram alurnya dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20
Diagram alur prosedur untuk mencetak data

3.3.4 SUB PROGRAM PELATIHAN JARINGAN SARAF TIRUAN

Sebelum bisa dipakai dalam sub program pemrosesan data, jaringan saraf tiruan perlu dilatih terlebih dahulu.



Gambar 3.21
Diagram alur prosedur pelatihan jaringan saraf tiruan

Dalam prosedur pelatihan ini, kita memasukkan suatu pola input yang terdiri dari 4 node dan sebuah output yang diharapkan. Pola input yang dimasukkan adalah merupakan nilai parameter-parameter dari main blower pada kondisi optimalnya, yang sebelumnya dilakukan penyesuaian nilai sehingga nilainya berada dalam range 0 - 1.

Setelah dilakukan pelatihan, jaringan telah siap diterapkan pada sub program pemrosesan data. Diagram alur dari sub program ini dapat dilihat pada gambar 3.21.

BAB IV

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat yang dilanjutkan dengan pengukuran dan kalibrasi masing-masing bagian hardware yang telah dibuat dengan menggunakan alat ukur yang cukup presisi. Alat ukur yang digunakan adalah **Brüel & Kjaer Vibration Analyzer** untuk pengukuran dan kalibrasi getaran, **Multimeter digital Aron tipe M-832**, **Termometer gelas** serta **Ris Supercall**. Pengujian dan pengukuran dilakukan secara bertahap yaitu mulai dari rangkaian pengkondisi sinyal, kemudian rangkaian ADC, dan yang terakhir adalah pengujian jaringan saraf tiruan.

4.1 PENGUJIAN ALAT

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat bekerja dengan baik atau belum dan apakah sudah sesuai dengan apa yang telah direncanakan sebelumnya. Pengujian dilakukan pada masing-masing modul yang telah dibuat yaitu :

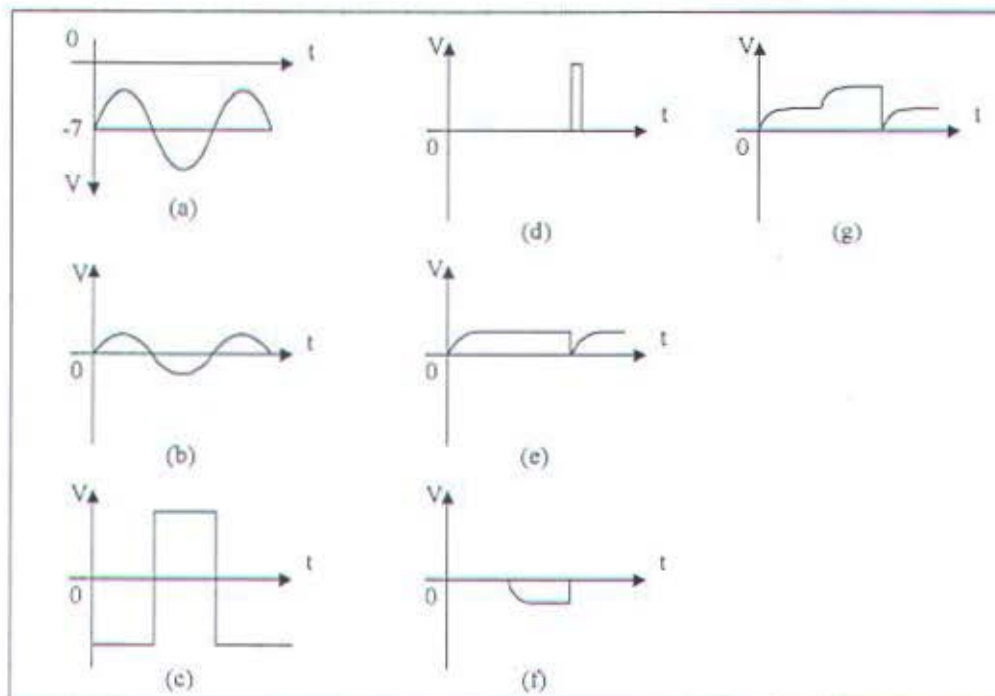
- modul pengkondisi sinyal getaran,
- modul pengkondisi sinyal suhu,
- modul pengkondisi sinyal tekanan,
- modul ADC.

Modul Pengkondisi Sinyal Getaran

Untuk menguji rangkaian ini, pada inputnya diterapkan sinyal sinusoida negatif dengan offset $-7V$. Pengukuran dilakukan dengan oscilloscope pada titik-titik pengukuran sebagai berikut :

- output dari penguat diferensial 1,
- output dari komparator,
- output dari monostable multivibrator,
- output dari detektor puncak positif dan negatif,
- output dari penguat diferensial 2.

Hasil pengukuran mengenai bentuk sinyal dari masing-masing titik pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1
Bentuk sinyal dari masing-masing titik pengukuran pada
rangkaiannya pengkondisi sinyal getaran

Bagian pengkondisi sinyal berfungsi untuk mengolah sinyal keluaran dari transduser agar sesuai dengan range input dari ADC, sehingga ADC bisa mengubah (mengkonversikan) sinyal ini menjadi sinyal digital untuk kemudian diolah dengan menggunakan komputer. Bagian pengkondisi sinyal ini berupa detektor puncak, penguat instrumentasi, penyangga (*buffer*), penguat diferensial, dan juga filter.

Sinyal yang telah melalui pengolahan pada bagian pengkondisi sinyal kemudian masuk ke bagian ADC. Bagian ADC terdiri dari multiplekser analog yang berguna untuk memultipleks/memilih sinyal mana yang akan dikonversikan terlebih dahulu, dan sinyal mana yang akan dikonversikan berikutnya. Sehingga tidak terjadi konflik diantara sinyal-sinyal masukkan yang akan dikonversikan oleh ADC. Multiplekser ini dikontrol melalui CPU (komputer) melalui sebuah alamat port yang telah ditentukan oleh sebuah dekoder alamat. Sinyal yang telah dimultipleks kemudian melalui sebuah rangkaian *sample/hold* dan sebuah penyangga (*buffer*). *Sample/hold* berfungsi untuk menahan harga sinyal input selama proses konversi berlangsung. Ini diperlukan terutama karena ADC yang digunakan adalah ADC jenis SAR. Pada ADC jenis SAR, perubahan sinyal input selama proses konversi akan menyebabkan kesalahan konversi yang cukup besar. Setelah melalui sebuah penyangga, sinyal ini siap untuk diubah (dikonversikan) kedalam sinyal digital melalui ADC.

Didalam komputer sinyal keluaran dari ADC akan diolah dan dihitung untuk mengetahui besarnya harga dari masing-masing parameter yang diukur yaitu getaran (*vibration*), tekanan (*pressure*), serta suhu. Dengan mengetahui harga dari

parameter-parameter ini bisa diketahui apakah Main Blower MC1301 bekerja normal atau tidak. Dan jika terjadi perubahan yang tidak diinginkan pada salah satu atau semua parameter ini maka komputer akan memberikan sinyal berupa alarm dan lampu. Khusus untuk tekanan oli, jika harganya turun sampai dibawah harga yang diijinkan maka komputer akan memberikan sinyal untuk menyalakan motor bantu untuk menambahkan/menaikkan tekanan oli sehingga menjadi normal kembali dan jika sudah normal maka motor ini dimatikan lagi.

Pada tahap pemrosesan data-data parameter dari Main Blower MC1301, penulis mencoba untuk menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan. Metode jaringan saraf tiruan ini mempunyai kelebihan terutama karena metode ini bisa dilatih untuk mengenali suatu pola tertentu. Atas dasar tersebut penulis mencoba untuk mempelajari dan menerapkan metode jaringan saraf tiruan pada tugas akhir ini. Penulis mengharapkan dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan akan meningkatkan unjuk kerja dari sistem.

Selanjutnya akan dijelaskan perencanaan perangkat keras dari masing-masing bagian sistem.

3.2 PERENCANAAN PERANGKAT KERAS

Perencanaan perangkat keras meliputi pengubah analog ke digital (*Analog to Digital Converter*), sistem pengkondisi sinyal analog, dan sistem input/output PPI 8255. Perencanaan perangkat keras didasarkan pada karakteristik dari sinyal masukan yang akan diolah, seperti misalnya : amplitudo sinyal, bentuk sinyal

(sinyal periodik atau sinyal DC), dan apakah sinyalnya berupa arus (I) atau tegangan (V). Oleh karena itu karakteristik sinyal akan sangat mempengaruhi perencanaan dari rangkaian yang hendak dibuat, terutama untuk rangkaian pengkondisi sinyal sehingga sinyal tersebut bisa diterapkan pada ADC.

3.2.1 TRANSDUSER

Tranduser yang digunakan adalah *Proximity Probe* untuk pengukuran getaran (*vibration*), termokopel untuk pengukuran temperatur, dan sensor diaphragma untuk pengukuran tekanan (*pressure*).

Tranduser *proximity probe* yang dipakai adalah merek Bently Nevada seri 3000, probe tipe 300, dan proximitor tipe 20929. Tranduser ini mengubah besaran jarak/gap antara ujung probe dengan permukaan poros yang dideteksi menjadi tegangan dc negatif yang sebanding. Tranduser ini mempunyai sensitifitas 200 mV/mil (8 V/mm) dan daerah pengukuran liniernya adalah sekitar 50 mil (1,27 mm) yaitu antara 20 mil sampai 70 mil (0,5 - 1,77 mm) seperti terlihat pada gambar 2.5. Jika poros yang dideteksi berputar dan mengalami getaran maka sinyal keluaran dari tranduser akan berupa sinyal sinusoida dengan frekuensi yang sesuai dengan kecepatan putaran dari rotor. Sinyal sinusoida yang dihasilkan berupa sinyal sinus negatif. Besarnya getaran dari poros dinyatakan oleh besarnya tegangan puncak ke puncak.

Tranduser termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K yang mempunyai Koefisien Seebeck sekitar $40,8 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Alasan dari penggunaan

termokopel dalam tugas akhir ini adalah karena termokopel mempunyai beberapa keuntungan. Diantaranya adalah : range pengukuran temperatur yang tinggi, outputnya sudah berupa tegangan jadi tidak diperlukan catu daya, jumlahnya bermacam-macam, dan juga tahan lama. Disamping itu termokopel juga mempunyai kekurangan yaitu diperlukan adanya persambungan referensi (*reference junction*) yang sangat menentukan keakuratan pengukuran.

Agar termokopel bisa digunakan untuk mengukur suhu maka suhu salah satu persambungan (*reference junction*) harus diketahui. Suhu ini disebut dengan suhu referensi (*reference temperature*), sedangkan persambungan yang lainnya digunakan untuk pengukuran. Hubungan ini dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon = \alpha (T_2 - T_1)^{20}$$

dimana :

ε = emf seebeck

α = koefisien seebeck ($V/^{\circ}C$)

T_1 = temperatur persambungan referensi

T_2 = temperatur persambungan pengukuran

Persambungan referensi biasanya dibuat dengan cara menaruh sambungan ini pada es dengan suhu $0^{\circ}C$, tetapi cara ini tidak efektif. Oleh karena itu maka dirancang suatu rangkaian pengkompensasi yang digunakan sebagai persambungan referensi yang sering disebut dengan *Cold Junction Reference*. Rangkaian

²⁰ Curtis Johnson, op. cit., p. 157.

pengkompensasi ini berfungsi sebagai koreksi terhadap perubahan temperatur pada persambungan referensi.

Prinsip kerja dari rangkaian pengkompensasi ini adalah sebagai berikut : jika temperatur dari persambungan referensi naik, ini berarti beda temperatur dari persambungan referensi dan persambungan pengukuran berkurang yang akan menyebabkan sinyal keluaran dari termokopel turun sehingga hasil pengukuran tidak sesuai dengan tabel referensi termokopel (suhu referensi 0°C). Untuk mengkoreksi kesalahan ini maka rangkaian pengkompensasi akan menambahkan tegangan pada sinyal keluaran termokopel sebesar penurunan yang terjadi pada termokopel sehingga hasil pengukuran sesuai dengan tabel referensi dari termokopel. Demikian juga sebaliknya jika terjadi penurunan suhu pada persambungan referensi, rangkaian pengkompensasi akan mengurangi sinyal keluaran termokopel sesuai dengan besarnya kenaikan tegangan pada sinyal keluaran termokopel.

Untuk pengukuran tekanan oli digunakan sensor jenis *Diffused Silicon Transmitter (DSTJ 8000) Electronic Differential Pressure Transmitter* model KD111/81 buatan Yamatake-Honeywell Co. Ltd Jepang. Sensor ini mempunyai range pengukuran $0\text{-}2500\text{ mmH}_2\text{O}$ atau $0\text{-}25000\text{ mmH}_2\text{O}$. Keluaran dari sensor ini adalah berupa arus $4\text{-}20\text{ mA}$ dengan perubahan yang proporsional terhadap perubahan tekanan yang dideteksi. Oleh karena itu diperlukan rangkaian pengubah arus menjadi tegangan. Dalam Tugas Akhir ini, karena sensor tersebut tidak tersedia, maka diganti dengan sebuah simulator. Alat yang dipakai untuk simulator

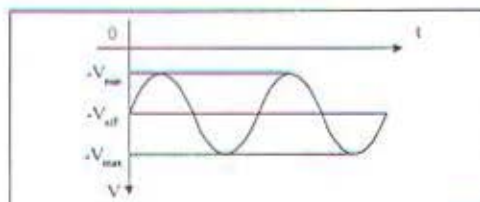
adalah Ris Supercall, yang dapat diprogram untuk mengeluarkan arus yang sesuai dengan output dari transduser.

3.2.2 RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai perencanaan rangkaian pengkondisi sinyal yang akan digunakan untuk masing-masing transduser secara terpisah. Sebelum merancang rangkaian pengkondisi sinyal, maka perlu diperhatikan karakteristik dari sinyal tersebut. Dari pengetahuan tersebut kemudian dirancang suatu rangkaian yang memungkinkan karakteristik sinyal tersebut sesuai dengan range input dari ADC. Sehingga tidak dimungkinkan terjadinya sinyal masukan dari ADC terlalu besar atau bahkan terlalu kecil (lebih kecil dari resolusi ADC) yang akan menyebabkan sinyal hasil konversi ADC tidak benar atau merusak ADC itu sendiri.

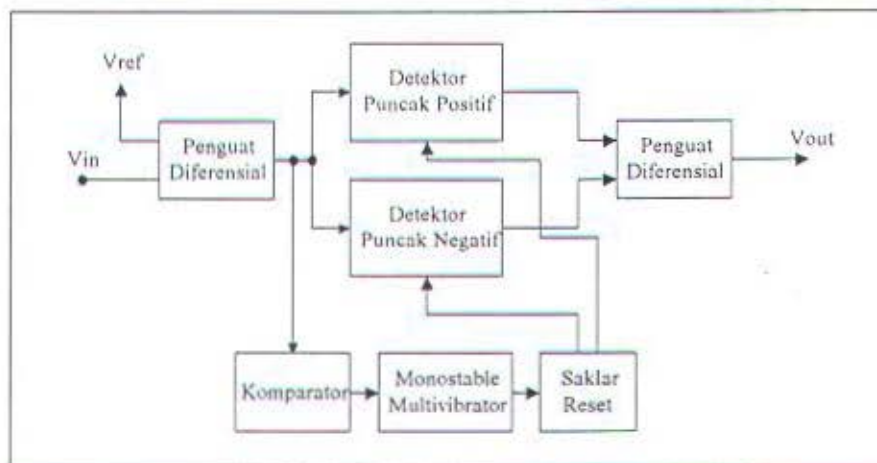
3.2.2.a RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL GETARAN

Sinyal keluaran dari transduser proximity probe berupa sinyal sinusoida negatif dengan tegangan puncak-puncak maksimumnya kurang lebih sekitar $-V_{min}$ dan $-V_{max}$, dengan besarnya offset $-V_{off}$ seperti terlihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2
Sinyal output dari proximity probe

Besarnya getaran dinyatakan dengan besarnya amplitudo sinyal puncak ke puncak dikalikan dengan sensitifitas dari probe yang digunakan. Jadi dilihat dari bentuk sinyal pada gambar 3.2 maka direncanakan suatu rangkaian yang dapat mengukur besarnya tegangan puncak ke puncak. Rangkaiannya terdiri dari dua buah penguat diferensial, detector puncak positif, detector puncak negatif, komparator, dan rangkaian untuk mereset detector puncak seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3
Blok diagram pengkondisi sinyal getaran

Cara kerja dari rangkaian ini dapat dijelaskan sebagai berikut : penguat diferensial yang pertama berfungsi untuk menggeser sinyal input keposisi sumbu 0 (sebagai clamper) dan juga untuk memperlemah (atenuasi) amplitudo sinyal sebesar setengah kalinya. Detektor puncak berguna untuk mendeteksi puncak positif dan puncak negatif. Sedangkan rangkaian komparator berfungsi untuk memberikan pulsa pada IC 555 untuk mereset detektor puncak positif dan negatif secara

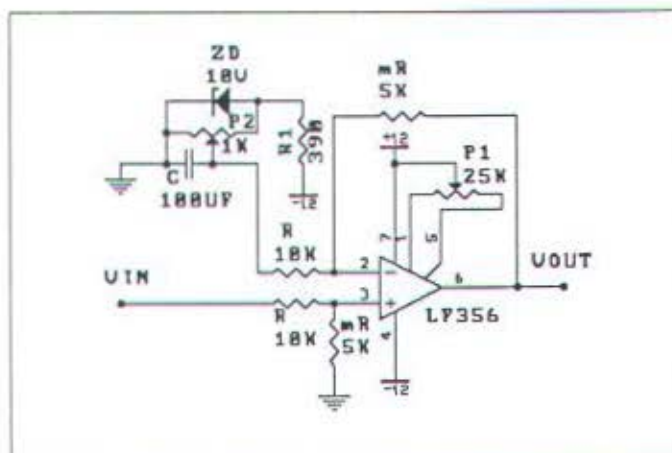
bersamaan. Dalam hal ini IC 555 dirangkai sebagai *monostable multivibrator*. Keluaran dari detektor puncak positif dan detektor puncak negatif dijumlahkan melalui sebuah penguat diferensial. Sinyal keluaran dari rangkaian ini merupakan selisih antara puncak positif dan puncak negatif dari sinyal masukan. Perancangan untuk masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

PENGUAT DIFERENSIAL

Penguat diferensial yang digunakan berjumlah dua buah, masing-masing perancangan akan dijelaskan sebagai berikut :

Penguat Diferensial I

Direncanakan penguat diferensial dengan penguatan sebesar setengah kali, $m = \frac{1}{2}$. Dipilih harga $R = 10 \text{ k}\Omega$ maka harga $mR = 5 \text{ k}\Omega$, op-amp yang digunakan adalah LF356 lengkap dengan rangkaian offsetnya.

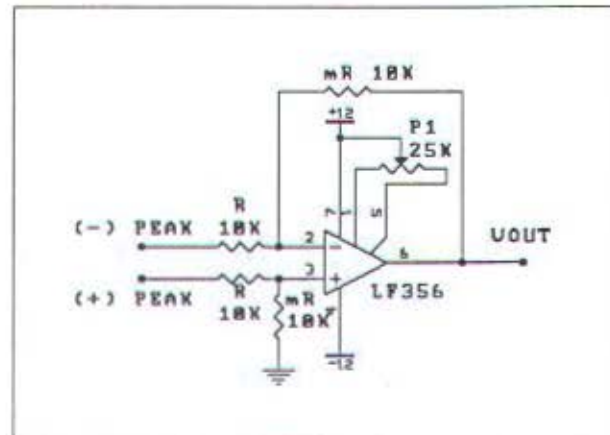


Gambar 3.4
Penguat diferensial pertama

Besarnya tegangan referensi tergantung pada sinyal input, oleh karena itu tegangan referensi dirancang sedemikian hingga besarnya bisa disetel yaitu dengan menggunakan dioda zener 10 V dan sebuah potensiometer. Rangkaian selengkapannya terlihat pada gambar 3.4.

Penguat Diferensial II

Untuk penguat diferensial ini digunakan penguatan sebesar satu kali, $m=1$. Dipilih harga $R = 10 \text{ k}\Omega$, sehingga $mR = 10 \text{ k}\Omega$. Op-amp yang digunakan adalah jenis LF 356. Rangkainnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5
Penguat diferensial kedua

DETEKTOR PUNCAK

Sebagai rangkaian detektor puncak digunakan op-amp tipe LM301 dan LF356. Rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.6. Dioda yang digunakan dipilih yang mempunyai arus bocoran rendah, dalam perancangan ini dipilih dioda dengan

tipe 1N914. Nilai kapasitor penahan dipilih $0,1 \mu\text{F}$. Untuk menentukan harga tahanan R yang digunakan untuk mereset (*discharge*) kapasitor C dapat dihitung sebagai berikut :

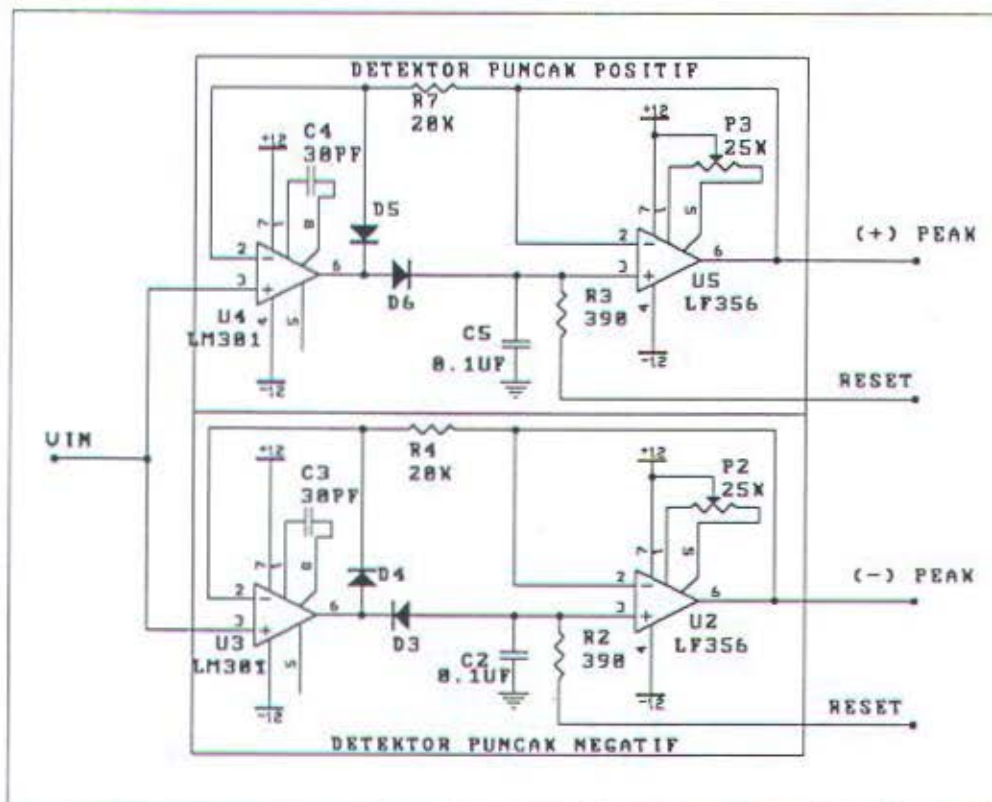
ditentukan waktu pengosongan kapasitor $t_d = 40 \mu\text{s}$,

$$t_d = R.C$$

$$40.10^{-6} = R.0,1.10^{-6}$$

$$R = 400 \Omega$$

digunakan $R = 390 \Omega$



Gambar 3.6
Rangkaian detektor puncak

KOMPARATOR

Rangkaian komparator yang dirancang adalah komparator dengan histerisis. Harga V_{LT} dan V_{UT} ditentukan masing-masing -0,2 V dan 0,2 V. Dipilih harga R_2 sebesar 1 k Ω , R_1 dihitung sebagai berikut :

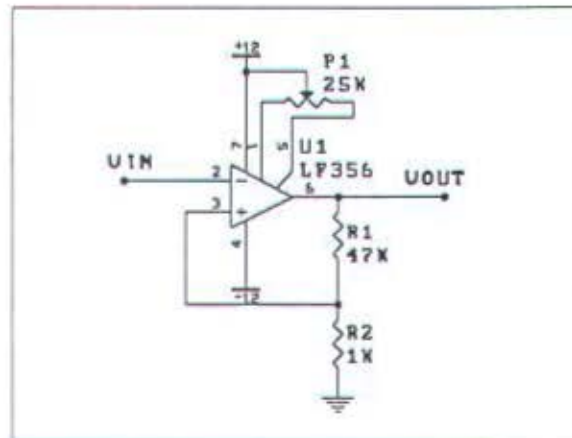
$$V_{UT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{SAT}) \quad V_{SAT} \text{ dianggap } 11 \text{ V,}$$

$$0,2 = \frac{1 \cdot 10^3}{R_1 + 1 \cdot 10^3} \quad (11)$$

$$R_1 = 47 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

Op-amp yang digunakan adalah tipe LF356. Rangkaian selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7
Rangkaian komparator

dipilih harga $C_1 = 10 \text{ pF}$

maka harga R_1 dapat dihitung sbb :

$$R_1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-12} = 0,1 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

Rangkaian dari *monostable multivibrator* lengkap dengan saklar resetnya dapat dilihat pada gambar 3.8.

3.2.2.b RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL SUHU

Sinyal keluaran dari termokopel mempunyai orde yang sangat kecil yaitu μV , oleh karena itu direncanakan suatu rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat memperkuat sinyal ini agar sesuai dengan range input dari ADC. Penguatan yang diperlukan adalah 1000 kali. Hal yang perlu diperhatikan adalah penguat ini harus mempunyai impedansi input yang tinggi agar sinyal dari termokopel tidak terbebani. Dari pertimbangan ini maka digunakan sebuah penguat instrumentasi terintegrasi AD521 yang mempunyai impedansi input yang tinggi yaitu $3 \cdot 10^9 \Omega$.

Termokopel membutuhkan persambungan referensi yang berfungsi sebagai suhu referensi. Dalam rancangan ini dibuat sebuah rangkaian yang bisa menggantikan persambungan referensi dengan mengkompensasi penurunan atau kenaikan tegangan keluaran termokopel akibat perubahan suhu ruangan.

Untuk menghilangkan noise dari sinyal ini maka sinyal yang telah dikuatkan dilewatkan pada sebuah *low pass filter* -40 dB dengan frekuensi cutoff sebesar 1 Hz. Rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.9.

MONOSTABLE MULTIVIBRATOR DAN SAKLAR RESET

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, rangkaian ini berfungsi untuk memberikan sinyal/pulsa reset pada saklar reset untuk membuat tegangan pada kapasitor penyimpan menjadi nol kembali. Saklar reset yang digunakan adalah sebuah rangkaian terintegrasi yaitu IC CMOS 4066. Untuk perancangan rangkaian ini yang perlu diperhatikan adalah waktu yang diperlukan untuk pengosongan (*discharge*) dari kapasitor (t_d). Prosedur perancangannya adalah sebagai berikut :

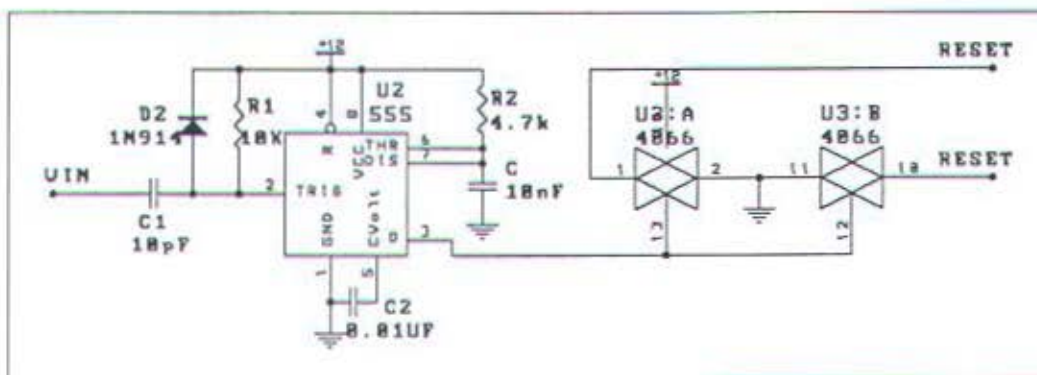
Ditentukan waktu pengosongan kapasitor, $t_d = 40 \mu s$,

dipilih harga, $C = 10 \text{ nF}$,

maka besarnya harga R dapat dihitung sbb : $t_d = 1,1.R.C$,

$$40.10^{-6} = 1,1.R.10.10^{-9}$$

$$R = 4,7 \text{ k}\Omega$$



Gambar 3.8
Rangkaian monostable multivibrator dan saklar reset

Harga dari R_1 dan C_1 ditentukan dengan ketentuan $R_1.C_1 \ll t_d$

misalkan : $R_1.C_1 = 0,1 \mu s$

Keterangan dari gambar :

- (a). Sinyal input
- (b). Sinyal output dari penguat diferensial 1 yang amplitudonya setengah dari amplitudo sinyal input
- (c). Sinyal output dari komparator
- (d). Sinyal output dari astable multivibrator
- (e). Sinyal output dari detektor puncak positif
- (f). Sinyal output dari detektor puncak negatif
- (g). Sinyal output dari penguat diferensial 2

Jika sinyal yang diukur tidak sesuai dengan yang ada pada gambar, maka potensio P1 diatur untuk mendapatkan sinyal yang sesuai.

Modul Pengkondisi Sinyal Suhu

Pengujian pada rangkaian pengkondisi sinyal suhu dilakukan pada rangkaian pengkompensasi suhu (rangkaian *Cold Junction*), penguat instrumentasi, dan rangkaian low pass filter. Kaki IC LM 335 disambung (*di-short*), P2 diatur supaya tegangan pada P6 menunjukkan 11,17 mV. Kemudian kaki IC LM 329 disambung, P1 diatur supaya tegangan pada P6 sesuai dengan koefisien Seebeck yaitu $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Pada penguat instrumentasi dimasukkan tegangan input 0-5 mV, keluarannya harus sebesar 1000 kali dari tegangan masukan. Jika penguatannya kurang, maka potensiometer P3 diatur sampai penguatannya sebesar 1000 kali.

Modul Pengkondisi Sinyal Tekanan

Pengujian pada rangkaian pengkondisi sinyal tekanan dilakukan dengan memberikan input berupa arus yaitu 4-20 mA. Keluaran dari rangkaian akan berupa tegangan yang besarnya 250 kali besarnya arus masukan. Pengukuran dilakukan dengan multimeter Aron tipe M-832.

Modul *Analog To Digital Converter*

Pada modul ini dilakukan pengujian pada multiplexer analog, sample/hold, pin STS dari ADC, dan rangkaian pembangkit clock.

Pengujian dilakukan dengan program, dimana hasil konversi ditampilkan dilayar berupa kode biner dan angka. Keempat input diberi sinyal yang berbeda, kemudian dipilih satu persatu melalui pemilih kanal input pada multiplexer analog. Jika pada layar monitor menunjukkan hasil tegangan konversi yang sesuai dengan sinyal input, berarti bahwa modul ADC telah bekerja dengan baik.

4.2 PENGUKURAN DAN KALIBRASI

4.2.1 GETARAN

Kalibrasi untuk rangkaian pengukur getaran dilakukan dengan menggunakan alat ukur **Brüel & Kjær Vibration Analyzer Tipe 2515**. Hasil pengukuran dengan menggunakan alat yang telah dibuat dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan **Brüel & Kjær Vibration Analyzer Tipe 2515 (B & K)**. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1. Karena ada dua alat

pengukur getaran yang dibuat, maka dilakukan dua kali pengukuran yaitu untuk masing-masing alat. Jika hasil pengukuran tidak cocok maka dilakukan pengaturan offset yaitu dengan mengatur potensiometer P2 atau P6 pada rangkaian pengkondisi sinyalnya.

Tabel 4.1
Hasil pengukuran Getaran

DATA 1				DATA 2			
No.	B & K (μm)	Sistem Alat (μm)	Error (%)	No.	B & K (μm)	Sistem Alat (μm)	Error (%)
1.	90,02	90,19	0,19	1.	80,43	80,11	0,40
2.	90,41	90,47	0,07	2.	80,63	80,94	0,38
3.	91,20	91,88	0,75	3.	81,31	81,23	0,10
4.	92,27	92,16	0,12	4.	83,56	83,77	0,25
5.	93,94	93,89	0,05	5.	84,54	84,62	0,09
6.	94,62	94,70	0,08	6.	85,23	85,74	0,60
7.	95,50	95,55	0,05	7.	86,11	86,31	0,23
8.	97,26	97,24	0,02	8.	87,18	87,44	0,30
9.	98,14	98,37	0,23	9.	88,16	88,57	0,47
10.	99,91	99,78	0,13	10.	90,81	90,82	0,01
11.	100,00	100,62	0,62	11.	91,39	91,11	0,31
12.	102,20	102,32	0,12	12.	92,96	92,81	0,16
13.	103,50	104,29	0,76	13.	93,84	93,92	0,09
14.	116,80	116,70	0,09	14.	94,62	94,49	0,14
15.	122,50	122,06	0,36	15.	95,70	95,33	0,39

Prosedur pengukuran adalah sebagai berikut :

- output dari proximitor masing-masing dihubungkan ke B & K dan ke alat yang telah dibuat.

- B & K dihidupkan dan juga sistem alat.
- untuk mengukur besarnya getaran, kedua alat di-*pause* (dihentikan sementara), kemudian dibaca penunjukkan pada B & K dan juga penunjukkan pada layar monitor.
- pengukuran dilakukan mulai dari getaran yang rendah ke yang tinggi dengan menaikkan kecepatan putar dari motor.

Besarnya error untuk masing-masing alat adalah 0,24 % dan 0,26 % yang merupakan nilai yang sangat kecil.

4.2.2 SUHU

Pengukuran dan kalibrasi untuk rangkaian pengukur suhu dilakukan pada suhu ruangan sekitar 29 °C. Alat ukur yang dipakai sebagai pengkalibrasi berupa termometer gelas yang mempunyai range pengukuran suhu -10 °C - 110 °C.

Prosedur yang dilakukan untuk kalibrasi dan pengukuran suhu adalah dengan memasukkan air panas ke dalam gelas, kemudian termometer gelas dan termokopel dimasukkan secara bersama-sama kedalam gelas. Penunjukkan termometer dicatat, dan dibandingkan dengan penunjukkan pada layar monitor. Air dibiarkan mendingin dengan sendirinya dan penurunan suhu yang ditunjukkan oleh termometer dan monitor dicatat secara bersama-sama dengan skala penurunan yang telah ditentukan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2. Error rata-rata dari hasil pengukuran adalah 0,68 % yang merupakan nilai yang kecil.

Tabel 4.2
Hasil pengukuran suhu

No.	Termometer (°C)	Sistem Alat (°C)	Error (%)
1.	82,00	82,20	0,24
2.	80,00	80,30	0,37
3.	78,00	78,03	0,04
4.	75,00	75,30	0,40
5.	73,00	73,30	0,41
6.	70,00	70,40	0,57
7.	68,00	68,05	0,07
8.	66,00	65,90	0,15
9.	64,00	63,60	0,62
10.	62,00	61,80	0,32
11.	60,00	59,50	0,83
12.	58,00	57,50	0,86
13.	56,00	55,50	0,89
14.	54,00	53,50	0,93
15.	52,00	51,50	0,96
16.	50,00	49,20	1,60
17.	48,00	47,20	1,67
18.	46,00	45,50	1,09
19.	44,00	43,50	1,14
20.	42,00	41,80	0,48

4.2.3 TEKANAN

Sensor untuk pengukuran tekanan tidak tersedia, oleh karena itu digunakan simulai yang disesuaikan dengan spesifikasi sensor tekanan yang digunakan di P.T. Petrokimia Gresik yaitu *Diffused Silicon Transmitter (DSTJ 8000) Electronic Differential Pressure Transmitter* model KDI11/81. Transduser ini mengeluarkan

arus yang besarnya 4-20 mA yang proporsional dengan tekanan sebesar 0-2500 atau 0-25000 mmH₂O. Alat yang dipakai sebagai simulator adalah *Ris Supercall* yang dapat diprogram untuk mengeluarkan arus yang sesuai dengan keluaran dari transduser.

Pengukuran dilakukan dengan memprogram *Ris Supercall* untuk mengeluarkan arus yang besarnya 4-20 mA. Output dari rangkaian pengkondisi sinyal diukur dengan multimeter didapat hasil sesuai dengan yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3
Hasil pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal tekanan

No.	Ris Supercall (mA)	Input ADC (V)	Tegangan yang diharapkan (V)	Error (%)
1.	4,00	1,00	1,00	0,00
2.	8,00	1,99	2,00	0,50
3.	12,00	3,00	3,00	0,00
4.	16,00	4,01	4,00	0,25
5.	20,00	5,01	5,00	0,20

Pengaturan Offset bisa dilakukan dengan mengatur potensiometer P1 pada rangkaian pengkondisi sinyal tekanan.

4.2.4 PENGUJIAN JARINGAN SARAF TIRUAN

Sebelum diterapkan pada program utama, jaringan saraf tiruan diuji terlebih dahulu. Pengujian jaringan saraf tiruan dilakukan untuk mengetahui apakah jaringan yang telah dibuat telah sesuai dengan yang diinginkan atau tidak.

Pengujian dilakukan pada sub program pelatihan jaringan saraf tiruan pada menu utama dari program. Prosedur dari pengujian adalah dengan memasukkan suatu pola input kedalam jaringan kemudian ditraining, dimana output yang diharapkan dimasukkan sekaligus. Pola input ini disesuaikan dengan parameter dari Main Blower pada keadaan optimalnya. Setelah ditraining, kemudian dimasukkan pola input yang dipakai untuk pengujian. Pola input ini disesuaikan dengan pola input pada saat training. Kemudian output hasil pengujian dibandingkan dengan output pada saat training. Hasil pengujian dari jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut :

Pada saat training diberikan pola input 0,75 0,75 0,5 0,85 dan output yang diharapkan adalah 0,5 diperoleh hasil sebagai berikut :

```
Pola input :
0.750 0.750 0.500 0.850
Output Jaringan :
0.500001
Output Yang Diharapkan:
0.500000
```

Setelah dilakukan proses training kemudian dilakukan pengujian dengan memasukkan pola input 0,75 0,75 0,5 0,85 didapat hasil sebagai berikut :

```
Pola input :
0.750 0.750 0.500 0.850
Output Jaringan :
0.500001
```

Dilihat dari kedua hasil tersebut, dimana pada saat pengujian didapat output jaringan sebesar 5,00001 sama dengan output pada saat training. Ini menunjukkan bahwa jaringan yang dibuat bekerja dengan baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan pembuatan alat serta hasil pengukuran dan pengujian sistem secara keseluruhan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemantauan Main Blower menjadi lebih mudah dan lebih praktis dengan menggunakan alat yang telah dibuat, karena pemantauan bisa dilakukan cukup lewat komputer pemantau.
2. Pengukuran suhu dengan menggunakan termokopel mempunyai beberapa kelebihan yaitu mempunyai daya tahan yang kuat dan mempunyai range pengukuran yang besar. Termokopel juga mempunyai kekurangan yaitu tidak linier dan diperlukan *reference junction* yang sangat berpengaruh terhadap keakuratan hasil pengukuran.
3. Kesalahan pengukuran suhu lebih banyak disebabkan oleh ketidaklinieran sensor dan juga rangkaian *reference junction*.
3. Untuk pengukuran getaran diperlukan detektor puncak dan rangkaian clamping yang bisa diatur sesuai dengan besarnya offset dari sinyal getaran.
4. Kesalahan pengukuran getaran lebih banyak disebabkan oleh besarnya tegangan offset dari sinyal getaran yang berubah-ubah sesuai dengan berubahnya getaran.

5. Penggunaan jaringan saraf tiruan dapat diterapkan untuk pengenalan pola optimal dari parameter-parameter Main Blower.

5.2 SARAN

Untuk penyempurnaan dan pengembangan alat yang telah dibuat, penulis menyarankan :

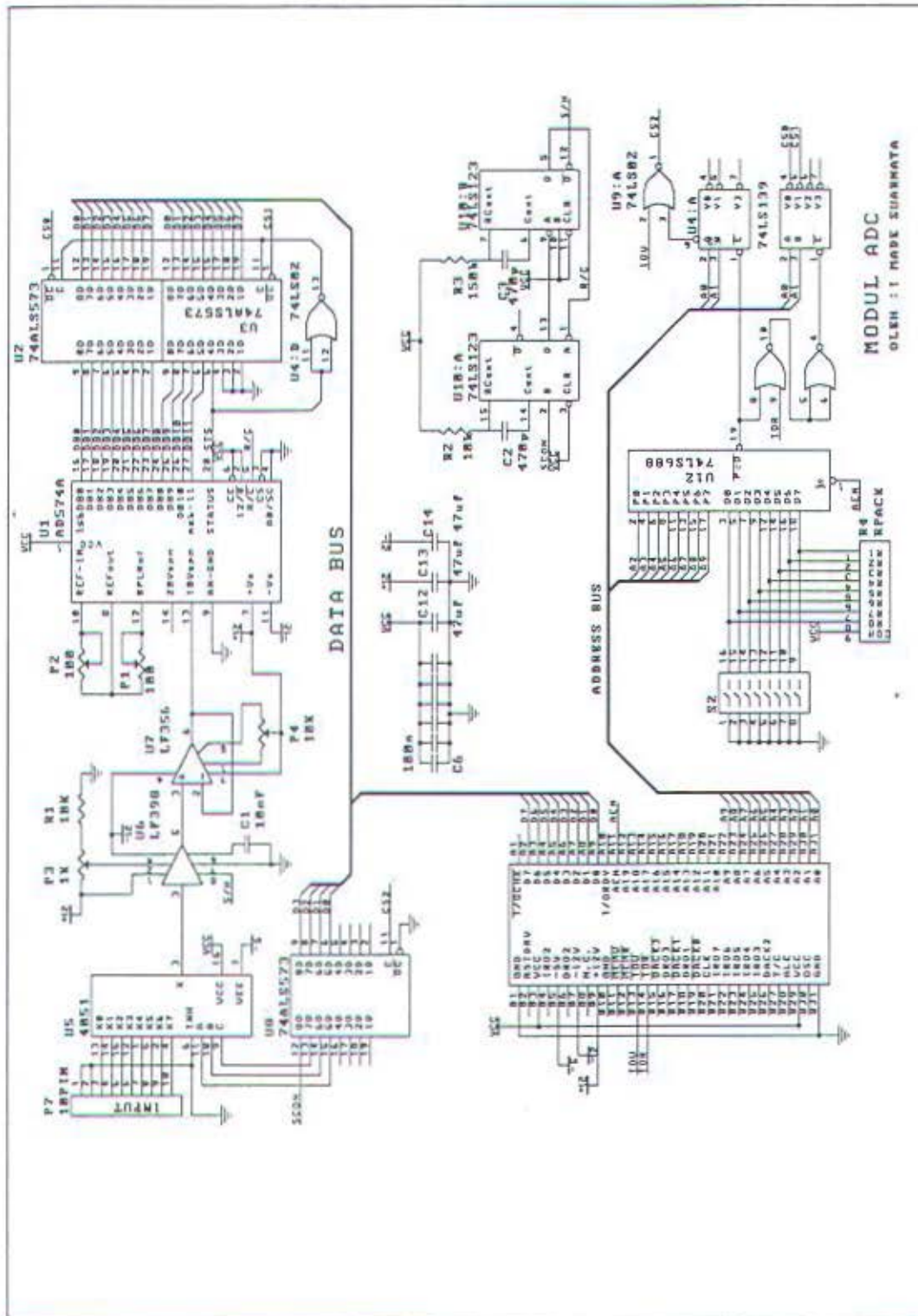
1. Untuk pengukuran getaran yang lebih presisi diperlukan rangkaian clamping yang bisa mendeteksi secara otomatis besarnya tegangan offset dari sinyal.
2. Penambahan parameter-parameter yang diukur, seperti suhu pada motor, tekanan udara yang dihasilkan, level oli pada tangki penampungan, dan yang lainnya sehingga diperoleh hasil pemantauan yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beale, Russell and Jackson 1990, Tom, NEURAL COMPUTING AN INTRODUCTION, IOP Publishing Ltd.
2. Benedict, Robert P. 1984, FUNDAMENTALS OF TEMPERATURE, PRESSURE, AND FLOW MEASUREMENTS, Canada : Jhon Wiley & Son, Inc.
3. Coughlin, Robert F. dan Driscoll, Frederick F. 1992, PENGUAT OPERASIONAL DAN RANGKAIAN TERPADU LINEAR, Diterjemahkan oleh Herman Widodo Sumitro, Jakarta : Penerbit Erlangga.
4. Hall, Douglas V. 1986, MICROPROCESSOR AND INTERFACING, Singapore : McGraw-Hill Book Co.
5. Johnson , Curtis 1993, PROCESS CONTROL INSTRUMENTATION TECHNOLOGY, Englewood Cliffs N. J. : Prentice Hall International Inc.
6. Lippmann, Richard P. 1987, AN INTRODUCTION TO COMPUTING WITH NEURAL NETWORKS, IEEE ASSP Magazine.
6. Rao, Valluru B. dan Rao, Hayagriva V. 1993, C++ NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC, New York : Henry Holt and Company, Inc.
7. Schuler, Charles A. dan McNamee, William L. 1986, INDUSTRIAL ELECTRONICS AND ROBOTICS, McGraw-Hill Book Company.
8. Sjartuni, Ananta 1992, LEBIH LANJUT DENGAN C, Jakarta : PT. Elek Media Komputindo.

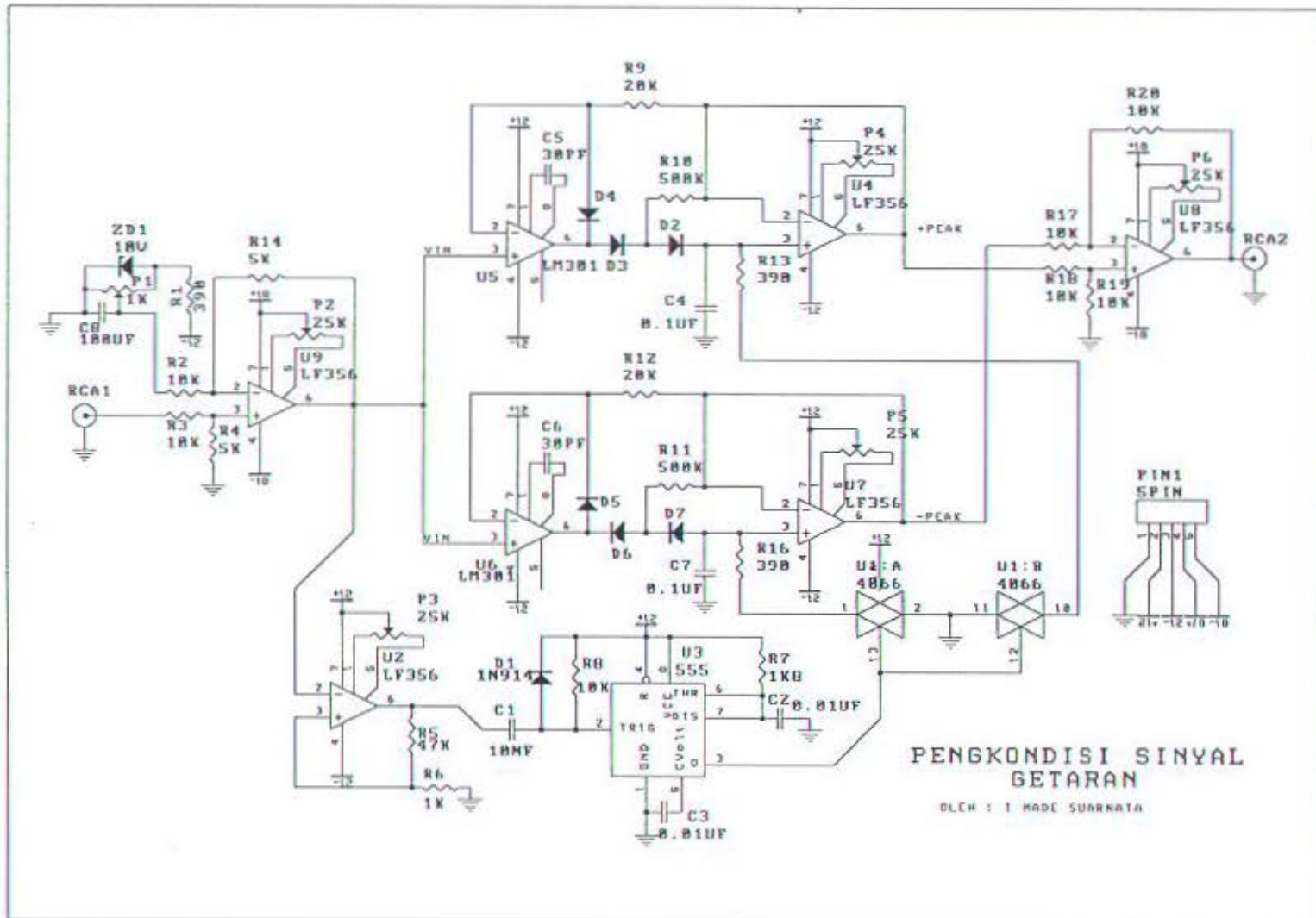
9. Zurada, Jacek M. 1992, INTRODUCTION TO ARTIFICIAL NEURAL NETWORK, Singapore : Info Acces Distribution Pte Ltd.
10. ----- 1982, 3000 SERIES PROXIMITY TRANSDUCER SYSTEM MANUAL, Bently Nevada.
11. ----- 1988, CMOS DATABOOK, California : National Semiconductor Corporation.
12. ----- 1982, DATA ACQUISITION DATABOOK 1982 VOLUME 1, USA:: Analog Device Inc.
13. ----- 1988, LINIER 1 DATABOOK, California : National Semiconductor Corporation.

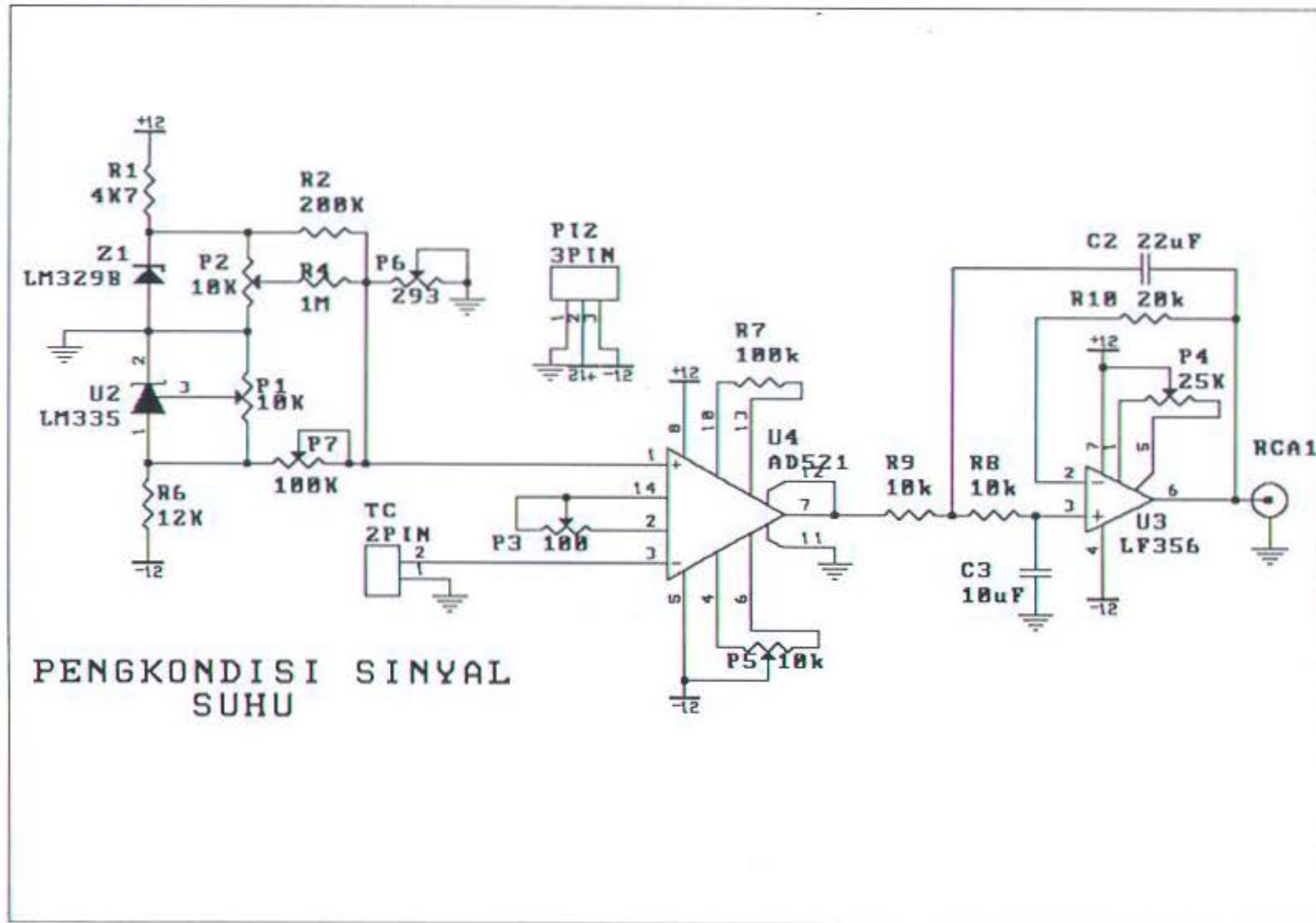
RANGKAIAN PENGUBAH SINYAL ANALOG KE DIGITAL



LAMPIRAN - 2

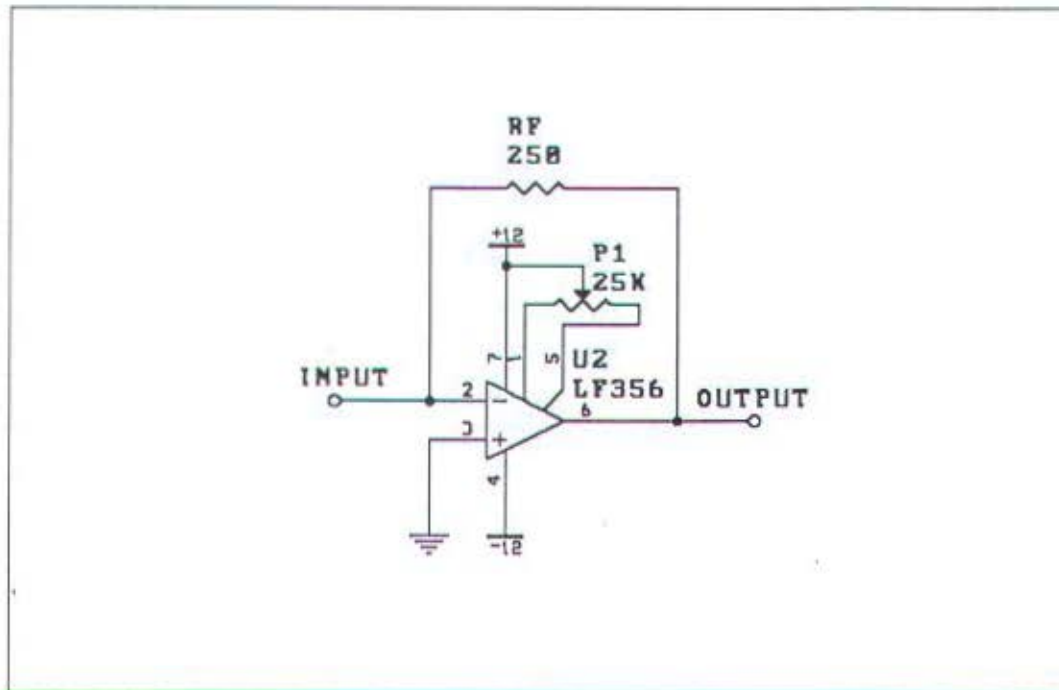
RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL GETARAN





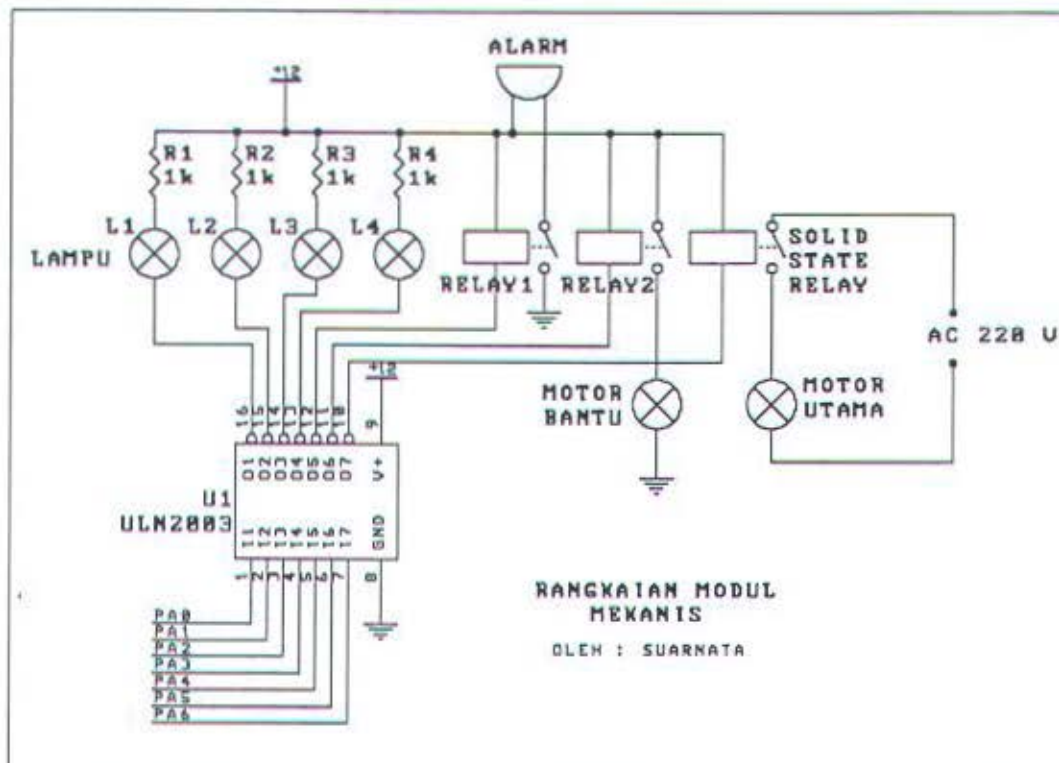
LAMPIRAN - 4

RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TEKANAN



LAMPIRAN - 5

RANGKAIAN MODUL MEKANIS



P.T. PETROKIMIA GRESIK
(PERSERO)

PUSAT

: Jl. Jenderal Akmad Yani
: 102 Gresik 61101
: Hunting System : 981811 (6 saluran),
982100 (5 saluran) ; 982200 (5 saluran)
: Petrokimia Gresik
: 981722
: 31477 PETROG IA

KANTOR PERWAKILAN

Alamat : Jl. Tanah Abang III No. 16 Jakarta 10160
Kotak Pos : No. 1365 JAKARTA 10000
Telepon : (021) 3446459, 3446645
Alamat Kawat : Petrokimia Jakarta
Facsimile : (021) 3841994
Telex : 44237 PETROJ IA

Gresik, Yang bertanda tangan dibawah ini adalah Saya :

Nama : Ir. Riza Perkasa Putera
Nip : T.314615
Jabatan : Staf Pemula Peneliti Bagian Laboratorium Penelitian Mekanik-
Elektronik PT. Petrokimia Gresik.

Menyatakan bahwa data kalibrasi dibawah ini telah dibandingkan dengan
alat pengukur getaran Brüel & Kjær Vibration Analyzer Tipe 2515.

DATA 1			DATA 2		
No.	B & K	Sistem Alat	No.	B & K	Sistem Alat
1.	90,02	90,19	1.	80,43	80,10
2.	90,41	90,47	2.	80,63	80,94
3.	91,20	91,88	3.	81,31	81,23
4.	92,27	92,16	4.	83,56	83,77
5.	93,94	93,89	5.	84,54	84,62
6.	94,62	94,70	6.	85,23	85,74
7.	95,50	95,55	7.	86,11	86,31
8.	97,26	97,24	8.	87,18	87,44
9.	98,14	98,37	9.	88,16	88,57
10.	99,91	99,78	10.	90,81	90,82
11.	100,00	100,62	11.	91,39	91,10
12.	102,20	102,32	12.	92,96	92,80
13.	103,50	104,29	13.	93,84	93,92
14.	116,80	116,70	14.	94,62	94,49
15.	122,50	122,06	15.	95,70	95,33

Demikianlah surat keterangan ini dibuat agar dapat digunakan sebagai referensi dalam penyelesaian Tugas Akhir dengan judul "KOMPUTERISASI SISTEM KONTROL PADA MAIN BLOWER MC1301 DI P.T. PETROKIMIA GRESIK".

Gresik, 13 Februari 1996

(Ir. Riza Perkasa Putera)

RIWAYAT HIDUP



I Made Suarnata lahir di Desa Rejasa, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, BALI, pada tanggal 20 Mei 1971, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari:

Ayah : I Nyoman Jedeng

Ibu : Ni Ketut Nasih

Pendidikan yang telah ditempuh adalah :

1. TK Santi Sartika, tahun 1976-1977
2. SD No. 5 Rejasa, tahun 1977-1984
3. SMP Negeri 2 Penebel, tahun 1984-1987
4. SMA Negeri 1 Tabanan, tahun 1987-1990
5. Terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS sejak tahun 1990, dengan nomor pokok 2902201496.

Selama menjadi mahasiswa aktif menjadi asisten praktikum Rangkaian Listrik, praktikum Elektronika, praktikum Elektronika Lanjutan II serta kursus bahasa assembly dan interfacing di Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.